Vol 18, May 2004

NEWSLETTER FOR THE

Canadian Antarctic Research Network

Inside

The History of Kamb Ice Stream, Antarctica as Revealed by Ice-penetrating Radar 1

What Scientists Should Know about the Antarctic Environmental Protection Act and Its Regulations 5

Simulation of the Antarctic Climate Response to Ozone Depletion 6

Some Recent Canadian Contributions to Antarctic and Bipolar Science 9

Exploring Visitor Experience in the Ross Sea region, Antarctica 10

The International Partnerships for Ice Core Science (IPICS): a Manifesto for Future Ice Coring 12

Hunting Dinosaurs in Antarctica 14

News in Brief 15

The History of Kamb Ice Stream, Antarctica as Revealed by Ice-penetrating Radar

Ginny Catania[1], Howard Conway[1], Charlie Raymond[1] and Ted Scambos[2]

The West Antarctic Ice Sheet (WAIS) is the largest marine-based ice sheet on Earth. Its discharge is controlled by fast flowing (up to 800 m a-1) ice streams (regions where fast ice motion is allowed primarily through basal sliding) that extend far into the interior (Figure 1). Because these ice streams help to regulate mass balance of the ice sheet, the overall stability of West Antarctica may be related to their dynamics. Field studies in the Siple Coast area highlight the high degree of variability found in both ice stream position and discharge. One example is the discovery of buried crevasses marking the boundaries of a former ice stream (Kamb Ice Stream) that shut down in 1859 A.D. ±25 years (Retzlaff and Bentley, 1993). Such variability may in part be related to long-term climatic changes caused by the end of the last glacial maximum 14 k.y. ago, however the exact response of the ice streams to climate forcing remains unknown. The variability could also simply indicate that processes internal to the ice sheet are instrumental in causing large-scale fluctuations in ice stream discharge and position.

Much of what is known about ice stream variability comes from observations of changes to ice stream margins. Knowledge of how margin positions change over both long and short time scales aids in our understanding of the present and possible future behaviour of the ice sheet and its response to climate forcing. Ice stream margins mark the locations where horizontal surface velocities typically change by more than two orders of magnitude over a few kilometers and numerous chaotic crevasses form (Echelmeyer and Harrison, 1999). Shear stresses are large in the margins and basal shear stress is distinctly

1. Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle, WA, 98195, USA
2. National Snow and Ice Data Center, University of Colorado, Boulder, CO, 80309, USA

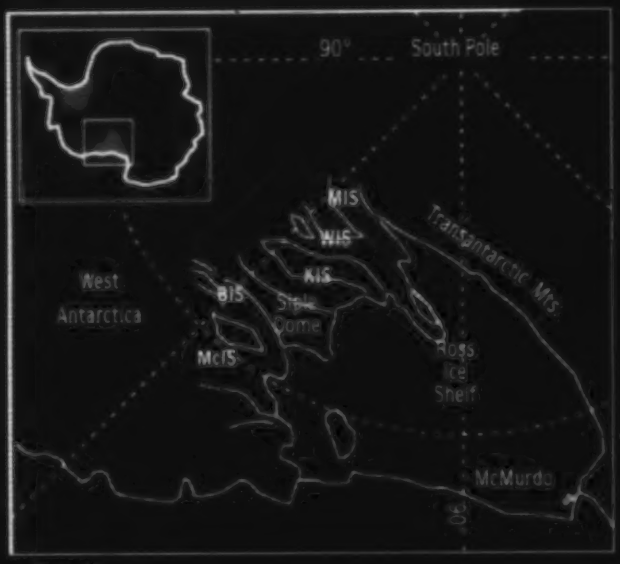
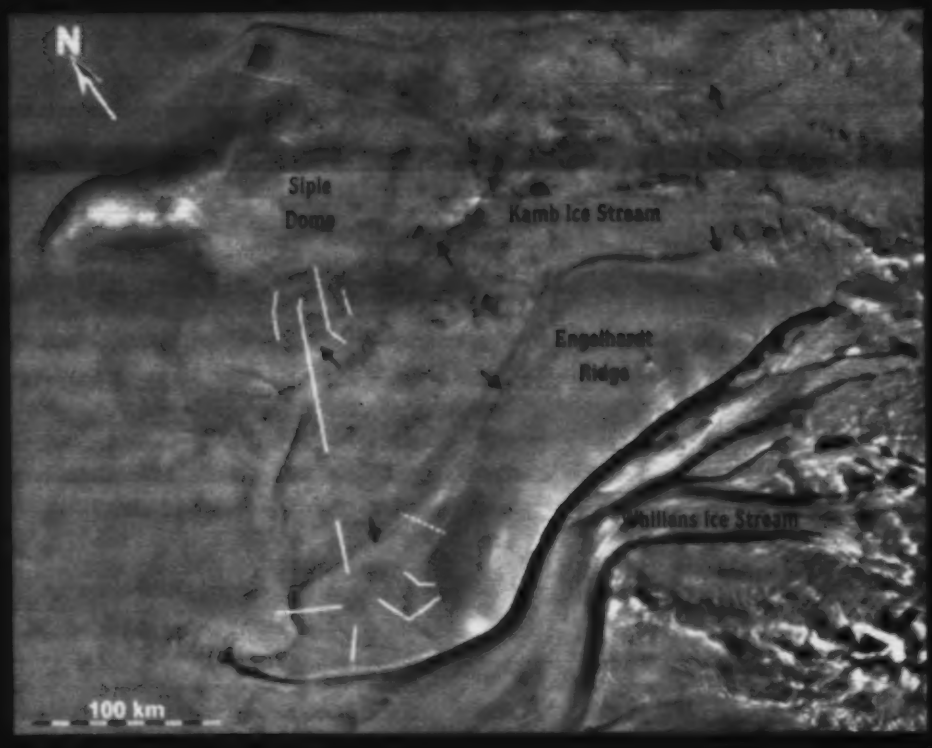


Figure 1
Site map of the Siple Coast Ice Stream System. Ice streams are Mercer Ice Stream (MIS), Whillans Ice Stream (WIS), Kamb Ice Stream (KIS), Bindschadler Ice Stream (BIS) and MacAyeal Ice Stream (McIS). Former names of these ice streams are A, B, C, D and E respectively. Siple Dome is a ridge that bounds the northern side of KIS. The light grey box outlines the area seen in Figure 2.

smaller than the driving stress due to the presence of a well lubricated, deforming bed (Kamb, 2001). As a result, the relatively narrow marginal bands typically support most of the driving stress (Raymond *et al.*, 2001).

Figure 2 shows a RADARSAT image of the Kamb and Whillans Ice Stream area including the complicated flat ice terrains that surround the downstream end of Kamb Ice Stream (KIS). The bright returns from the shear margins of Whillans Ice Stream (WIS) indicate the effectiveness of crevasses in active margins to scatter the incoming radar

Figure 2
RADARSAT image of the KIS and WIS area. Flow direction is generally from the right to the left. Black lines represent radar profiles completed in the flat ice areas surrounding KIS during the 2001 and 2002 field seasons. The black dashed line indicates the location of radar data shown in Figure 3. White arrows point to the most recent (~150 year old) margin of KIS. Image from National Snow and Ice Data Center.

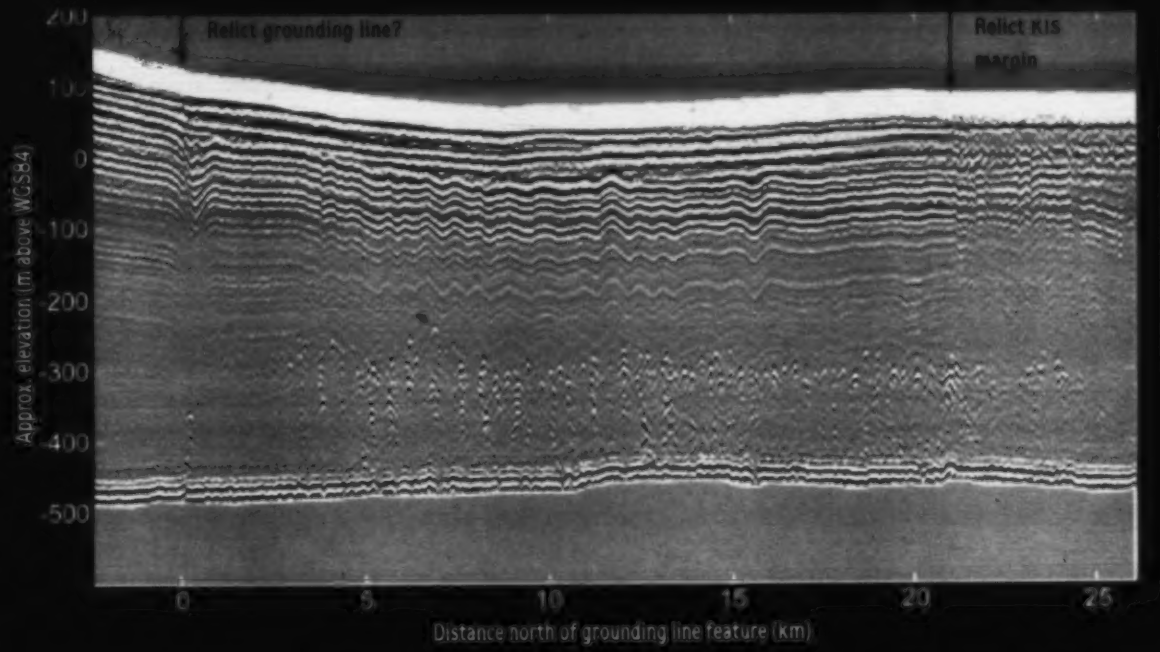


signal. In contrast, the margins of Kamb Ice Stream are dim from snow accumulated on the margins since shutdown. Several features in the flat ice terrain surrounding the downstream end of Kamb Ice Stream show characteristics similar to the relict margins of KIS. They are curvilinear bright or dark lines aligned sub-parallel to the ice flow direction. We use satellite images like Figure 2 in conjunction with ground-based radar collection (in a range of frequencies from 2–200 MHz) to investigate the likelihood that such features are relict margins and also to determine the timing of margin shutdown.

Our data across relict ice stream margins indicates that margins are typically characterized by the onset of shallow diffractors in the near-surface (likely related to buried crevasses) and a corresponding transition from continuous to discontinuous deeper layers (km 21 on Figure 3). Relict margins are also often associated with topographic troughs of up to 50 m depth over 10 km possibly related to melting where shear stresses are at a maximum. These troughs allow relict margins to be identified from satellite images, sometimes even when surface crevasses are deeply buried. During the 2000-01 and 2002 field seasons radar data was collected across these features to determine the burial depth of the crevasses, local accumulation rates and current ice speeds. From this information we have obtained shutdown ages for the four relict margins that surround the main

Figure 3

5 MHz radar data across two features in the downstream area of KIS along the dashed line in Figure 2 (km 0 is at the south end of the line). Ridge BC is on the left and the main body of KIS is on the right. The prominent return at roughly 500 m is the bed. The heavy black line covers the air-wave (direct wave from transmitter) return. Downwarped layers at km 0 may mark the position an old grounding line with strongly downwarped layers related to focused melting at the transition between grounded and floating ice. The relict margin at km 21 is the most recent margin of KIS dated at 1850 A.D. (Retzlaff and Bentley, 1993).



trunk of KIS thus providing a picture of past ice stream configurations. The outermost margin of KIS is 340 years old, roughly 200 years older than the most recent margin indicating that the ice stream may have shut down in stages.

One important discovery made during our field seasons was that not all of the investigated features were relict margins. A second kind of feature with an unknown origin was found bounding the two ridges that surround KIS. Ground-based radar profiles across these features and the contiguous flat ice terrain that lies between them and the KIS relict margins reveal complex patterns of internal layering (Figure 3). Internal layers are strongly downwarped (at km 0) and lie adjacent to large areas (up to 2500 sq. km) of flat ice terrain containing lightly disturbed but continuous layers and diffractors at nearly half the ice thickness in depth (Figure 3, km 0 to km 21). There are no near-surface diffractors associated with these features to suggest that they are formed within ice stream margins.

The origin of these features remains unclear, and our working hypothesis to explain their characteristics is that they mark a former grounding line. Joughin and Padman (2003) find that melting beneath an ice shelf is focused at the grounding line, the location that marks the transition between grounded and floating ice. Such melt may be the cause of the strong downwarp seen in the internal layers at km 0. Furthermore, floatation conditions could allow bottom crevasses to form. These bottom crevasses may be responsible for the numerous diffractors detected at mid-depth. While this hypothesis accounts for many of the characteristics seen in internal layers, there are a few observations that are still not well explained. At present, ice in this region is 120 m above floatation. To achieve flotation conditions similar to that found on the Ross Ice Shelf, ice here must have either thickened substantially since it was grounded and/or the bedrock has uplifted from glacial unloading since the Last Glacial Maximum.

If this hypothesis is correct and the lower part of KIS was once floating but then grounded while the ice stream was still active, this would have had an enormous impact on the velocity of KIS. Our current focus now lies in determining past elevations of the ice sheet in these areas to ascertain when the area may have last approached floatation conditions. This will hopefully constrain the timing of when the lower end of KIS became grounded.

References

Echelmeyer K.A. and W.D. Harrison, 1999. Ongoing margin migration of Ice Stream B, Antarctica. *Journal of Glaciology*, 45(150): p. 361–369.

Kamb, B., 2001. Basal zone of the West Antarctic ice streams and its role in lubrication of their rapid motion. In: *The West Antarctic Ice Sheet: Behavior and Environment*. Antarctic Research Series 77. R.B. Alley and R.A. Bindschadler eds., American Geophysical Union. p. 157–199.

Raymond, C.F., K.A. Echelmeyer, I.M. Whillans and C. S. M. Doake, 2001. Ice Stream Shear Margins. In: *The West Antarctic Ice Sheet: Behavior and Environment*. Antarctic Research Series 77. R.B. Alley and R.A. Bindschadler eds., American Geophysical Union. p. 137–155.

Joughin I., and L. Padman, 2003. Melting and freezing beneath Filchner-Ronne Ice Shelf, Antarctica. *Geophysical Research Letters*, 30(9): 10.1029/2003GL016941.

Retzlaff R., and Bentley, C.R., 1993. Timing of stagnation of Ice Stream C, West Antarctica from short pulse radar studies of buried crevasses. *Journal of Glaciology*, 39(133): 553–561.

Rignot E., and S.S. Jacobs, 2002. Rapid bottom melting widespread near Antarctic Ice Sheet grounding lines. *Science*, 296: 2020–2023.

Ginny Catania, is from Burlington ON, Canada and has a B.Sc. in Geography from the University of Western Ontario and an M.Sc. in Geology from University of Minnesota. She is currently a Ph.D. student in Geophysics at the University of Washington in Seattle, WA, working on a thesis on the WAIS ice streams under Drs. H. Conway and C. Raymond. E-mail: ginny@ess.washington.edu.

What Scientists Should Know about the Antarctic Environmental Protection Act and Its Regulations

As part of a global effort to protect the Antarctic environment, Canada ratified the Madrid Protocol and brought the Antarctic Environmental Protection Act (AEPA) and its Regulations into force. The Antarctic is an environmentally significant region and contains relatively untouched ecosystems that are scientifically valuable. The newly passed Canadian legislation acknowledges the unique opportunities the Antarctic offers for scientific monitoring and research on processes of global as well as regional importance.

The AEPA and its Regulations require overseeing Canadian activities in the Antarctic (including scientific). As of December 1, 2003, scientists on Canadian-led expeditions will be required to apply for, and receive, a permit to be in the Antarctic, except when granted permission from another Party to the Madrid Protocol or in the case of an emergency. The Act enables one person, such as scientific expedition leader, to apply for a permit on behalf of others. The conditions of a permit apply to any person covered by that permit.

To obtain a permit, the proposed activities of the expedition would be subjected to an environment evaluation (EE) as prescribed by AEPA and its regulations. This evaluation assesses the potential impacts of proposed activities on the Antarctic environment and the means taken or envisaged to minimize these impacts. To facilitate the EE, the permit application must include information on potential environmental impacts, initial environmental reference states, and consideration of possible indirect or secondary environmental impacts. The application must indicate whether, in the applicant's estimation, the proposed activities will have more than a minor or transitory impact on the Antarctic environment. If, on the basis of the EE, the Minister of the Environment determines that the proposed activities are likely to have even a minor or transitory impact on the environment, further environmental assessment processes are initiated.

The lead scientist undertaking the expedition is also required to develop mandatory waste management plans and environmental emergency plans. There is no application charge for permits under the AEPA and its Regulations.

For scientific purposes, permits are provided for otherwise prohibited activities when requested by the scientists and deemed justifiable by the Minister of the Environment. This includes activities related to mineral resources; interference with wildlife indigenous to the Antarctic; introduction of animal or plant species that are not indigenous to the Antarctic; and any activity related to waste disposal.

Certain areas of the Antarctic have been set aside as specially protected areas, in order to preserve their unique natural, physical, and heritage value. Scientists planning to enter specially protected areas should note that, where management plans exist for a specially protected area, permit applications must be consistent with these plans. Permit applications must also describe proposed activities, including when, where, and by whom the activities will be conducted. Where management plans have not yet been developed, a permit to be in a specially protected area can be obtained only if the proposed activities have a compelling scientific purpose that cannot be conducted elsewhere and will not jeopardize the area's natural ecological system.

In line with the Madrid Protocol, scientists should take note that certain activities are prohibited under AEPA under any circumstance: burning waste in the open air; disposing of waste in ice-free areas or freshwater systems; discharging any products or substances into the sea that are harmful to the marine environment except under the conditions established for the disposal of domestic liquid waste;

introducing prohibited substances into the Antarctic; damaging historic sites or monuments. These conditions must be respected even when Canadian scientists are working in the Antarctic under the permit of any another country.

Canada is concerned with growing rate of genetic bioprospecting in the Antarctic. Under AEPA, Canadian-led scientific activities will be regulated to monitor access to genetic material. AEPA and its Regulations prohibit removal of any indigenous material from the Antarctic except in accordance with a permit authorized by the Minister of Environment. Note that the Minister of Environment holds the discretionary authority to cancel and suspend a permit at any time in the public interest. Compliance to all conditions in AEPA and its Regulations is mandatory.

Consistent with the approach taken by other Treaty countries Canada recognizes permits obtained from any country that is a party to the Protocol. However, in order to regulate Canadian activities in the Antarctic, Canada requires a copy of permits obtained from other Treaty countries. For more information on AEPA and its Regulations please visit Environment Canada website at ec.gc.ca/international/regorgs/antarctic/1antarctic_e.htm.

George Enei is Director, Conservation Priority Branch, Environment Canada. (819) 997-5079.

Simulation of the Antarctic Climate Response to Ozone Depletion

N.P. Gillett and D.W.J. Thompson

Recent climate change in the Southern Hemisphere (SH) has been marked by a strengthening of the westerly winds (blowing from west to east) which encircle the Antarctic throughout the depth of the atmosphere (Thompson and Solomon, 2002). In the stratosphere, above ~10 km, the trends are largest during the spring months; in the troposphere, below ~10 km, they are largest during the summer months. Based on the structure and seasonality of the observed trends, Thompson and Solomon (2002) argued that they are consistent with a response to stratospheric ozone depletion.

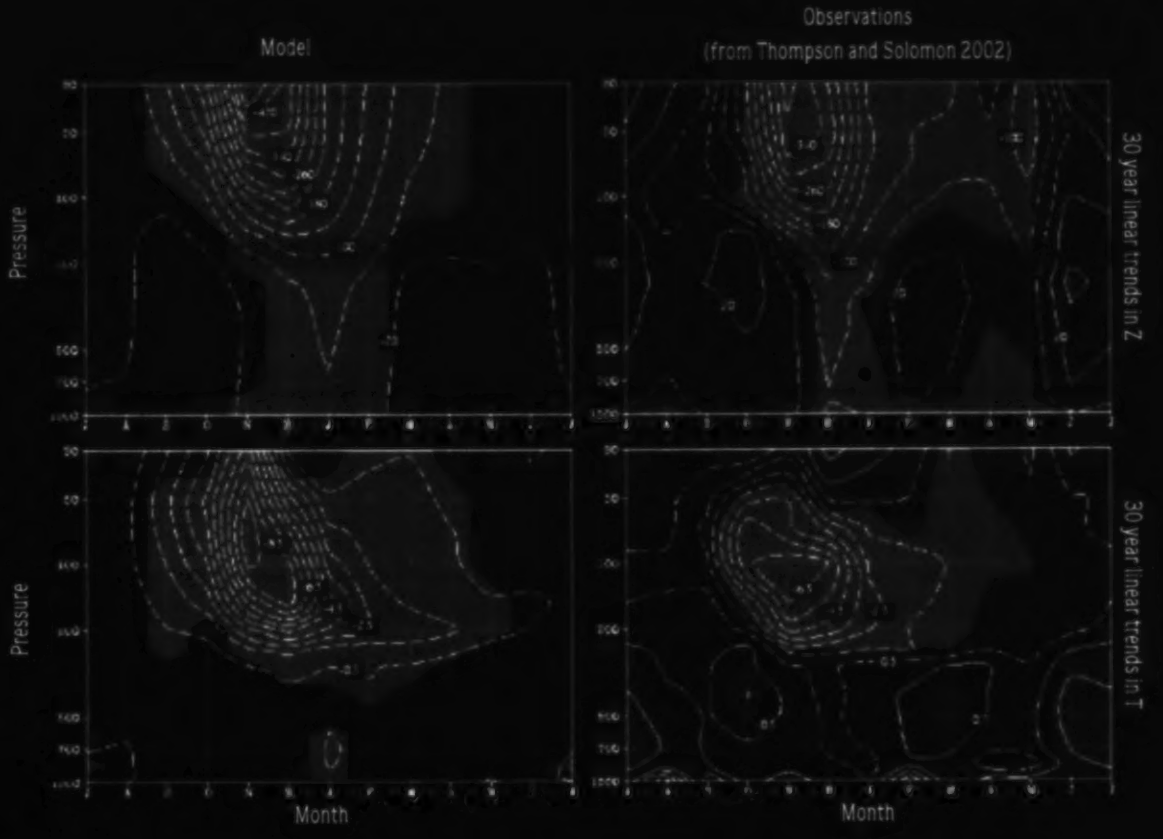
This article describes a modelling study to test the hypothesis that recent SH tropospheric circulation changes have been induced by stratospheric ozone depletion, and is based on a recently published report of the results (Gillett and Thompson, 2003). We use simulations from a high vertical resolution atmospheric model coupled to a simple ocean model (Gillett *et al.*, 2003). The impact of ozone depletion on the SH circulation is assessed by comparing two simulations run with different stratospheric ozone distributions; all other external variables were held fixed. The control simulation was run with a reconstruction of preindustrial ozone; the perturbed simulation was run with prescribed stratospheric ozone losses based on observed trends over the 18-year period 1979–1997 (Randel and Wu, 1999).

In the stratosphere, the prescribed ozone depletion induces cooling over the polar cap due to reduced absorption of ultraviolet radiation (Fig. 1, bottom left). Consistent with observations (Thompson and Solomon, 2002), the response is largest at the time of maximum ozone depletion when sunlight returns to the polar region in November, and it persists through the summer months. The simulated stratospheric cooling is accompanied by a decrease in geopotential height over the pole that also peaks during November (Fig. 1, top left) (geopotential height is the height of a level of fixed pressure, thus a decrease in polar geopotential height is equivalent to a decrease in pressure at fixed levels over the pole, resulting in a strengthening of the circumpolar westerly winds). During the spring and summer months, both the vertical structure and amplitude of the simulated stratospheric geopotential height and temperature trends bear marked similarity to the observations (Fig. 1, right panels).

The simulation of a large response in the polar stratosphere to ozone depletion is not surprising: such a response is expected based on both observations and modelling evidence. What is more surprising is the downward extension of the significant decreases in geopotential height to the surface in the summer months, despite the fact that the ozone changes are only applied in the stratosphere. The seasonality, vertical structure and amplitude of the simulated geopotential height changes in the troposphere (Fig. 1, top left) are similar to the observations (Fig. 1, top right). Like the observations, the largest and most significant simulated decreases in geopotential height in the troposphere occur ~1–2 months after the maximum cooling in the stratosphere. Note that the tropospheric warming observed during the other seasons is not evident in the simulated response to stratospheric ozone depletion, and is consistent with greenhouse gas increases.

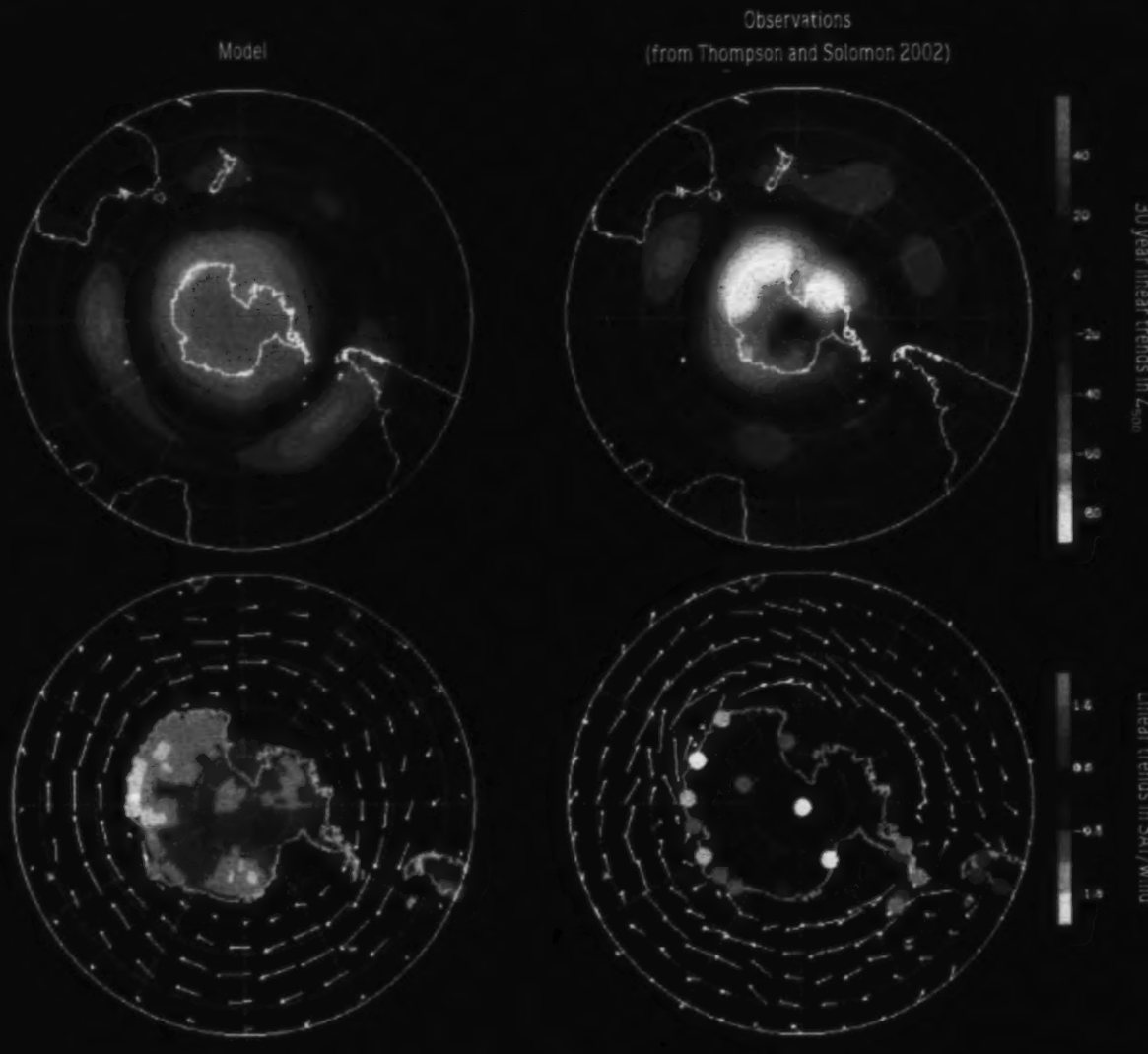
During the summer months of December–February (when the simulated tropospheric response is largest), the horizontal structure of the simulated tropospheric geopotential height trends (Fig. 2, top left) closely resembles the horizontal structure of the observed trends shown in Thompson

Figure 1
Simulated (left column) and observed (right column) changes in (upper row) geopotential height (m) and (lower row) temperature (K) poleward of 65 S. Geopotential height decreases over the pole correspond to decreases in pressure on fixed levels. Observed changes are taken from Thompson and Solomon (2002), and simulated changes from Gillett and Thompson (2003).



and Solomon (2002) (Fig. 2, top right): both reveal falling geopotential heights poleward of 60 S and rising geopotential heights in the middle latitudes. The simulated trends during the summer months are accompanied by a significant surface cooling over most of Antarctica and by a strengthening of the surface westerly flow at around 50–60 S (Fig. 2, bottom left), also consistent with the observations (Fig. 2, bottom right). The relatively weak warming over the Antarctic Peninsula and Patagonia is also consistent with the

Figure 2
Simulated (left column) and observed (right column) summer changes in (upper row) 500-hPa geopotential height (m) and (lower row) near-surface temperature (K) and winds. Observed changes are taken from Thompson and Solomon (2002), and simulated changes from Gillett and Thompson (2003). The longest wind vector corresponds to ~4 m/s.



observations, and likely reflects the impact of the strengthened westerly winds streaming from the relatively warm waters west of the Drake Passage.

Several factors have been proposed as capable of driving trends in the Southern Hemisphere circumpolar westerly flow. Models incorporating increasing greenhouse gases reveal circulation trends that are of the same sign as the observed trends, but the amplitude of the simulated trends is considerably smaller than that observed. The results reported in this study support the hypothesis that ozone depletion has played a critical role in driving recent climate change not only in the SH stratosphere, but in the SH troposphere as well. These results add to an increasing body of both observational and modelling evidence that suggests stratospheric processes play an important role in driving climate variability at the surface of the Earth on a range of timescales, particularly at high latitudes (Baldwin *et al.*, 2003). The simulations suggest that stratospheric ozone depletion is unlikely to have had a comparable effect on Arctic climate, owing to the much smaller ozone depletion observed there (results not shown). However, the mechanisms underlying the Antarctic response may still have implications for understanding coupling between the stratosphere and troposphere in the Northern Hemisphere. Taken together with the observations presented in Thompson and Solomon (2002), the findings reported here strongly suggest that human emissions of ozone-depleting gases have demonstrably impacted Antarctic surface climate over the past few decades.

References

Baldwin, M. P., D.W.J. Thompson, E.F. Shuckburgh, W.A. Norton and N.P. Gillett. 2003. Weather from the stratosphere? *Science*, 301: 317–319.

Gillett, N.P., M.R. Allen and K.D. Williams. 2003. Modelling the atmospheric response to doubled CO_2 and depleted stratospheric ozone using a stratosphere-resolving coupled GCM. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 129: 947–966.

Gillett, N.P., and D.W.J. Thompson. 2003. Simulation of recent Southern Hemisphere climate change. *Science*, 302: 273–275.

Randel, W.J., and F. Wu. 1999. A stratospheric ozone trends set for global modeling studies. *Geophys. Res. Lett.*, 26: 3089–3092.

Thompson, D.W.J., and S. Solomon. 2002. Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change. *Science* 296: 895–899.

Nathan Gillett is a research associate at the University of Victoria, and David Thompson is an assistant professor at Colorado State University. The corresponding author can be reached at gillett@uvic.ca.

Some Recent Canadian Contributions to Antarctic and Bipolar Science

(Names of Canadian co-authors are underlined)

Abgrall, P., J.M. Terhune and H.R Burton, 2003. Variation in Weddell sea underwater vocalizations over mesogeographic ranges. *Aquatic Mammals*, 29: 278–288.

Gilbert, R., A. Chong, R. Dunbar and E.W. Domack, 2003. Sediment trap records of glacimarine sedimentation at Muller Ice Shelf, Lallemand Fjord, Antarctic Peninsula: *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, v. 35, p. 24–33.

Hendrycks, E.A., and K.E. Conlan, 2003. *Monoculodes curtipediculus (Amphipoda, Oedicerotida)*, a new species from McMurdo Sound, Antarctica. *Crustaceana*, 76(1): 49–63.

Karsten, R.H., and J. Marshall, 2002. Testing theories of the vertical stratification of the Antarctic Circumpolar Current against observations. *Dyn. Atmos. and Oceans*, 36: 233–246.

Mueller, D.R. and W.H. Pollard, 2004. Gradient analysis of cryoconite ecosystems from two polar glaciers. *Polar Biology*, 27(2): 66–74.

Poland, J.S., M.J. Riddle and B.A. Zeeb, 2003. Contaminants in the Arctic and the Antarctic: a comparison of sources, impacts, and remediation options. *Polar Record*, v. 39, no. 211, p. 369–383.

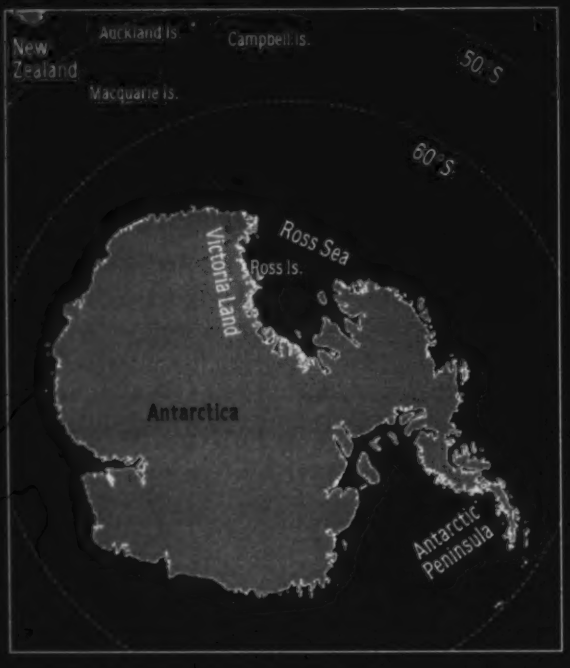
Exploring Visitor Experience in the Ross Sea region, Antarctica

P.T. Maher

One key area of focus in visitor management should be on understanding the visitor. Impacts and problems related to tourism do not occur in a vacuum. The tourist is intimately involved, and it is therefore important to understand tourists' dynamic and constantly changing thought processes throughout the experience.

The research outlined in this paper is the result of the author's doctoral work, which involves understanding visitors and their experience in the Ross Sea region (Figure 1). Focusing the geographic scope of the research on the Ross Sea region served to broaden the scope of tourism/visitor research beyond the peninsula (Bauer, 2001). Experience included a 6–8 month longitudinal period looking at visitors well in advance of their visit, and then through their time on-site, and as a follow-up, back at their homes. Previous studies (Arnould and Price, 1993; Borrie and Roggenbuck, 2001) document well the theoretical background and history of studying this type of multi-phasic or "extraordinary" experience. Visitors were defined as those who come into direct contact with the "ice", but are not science or logistics personnel. This group included commercial tourists, journalists, artists and writers, invited government visitors, and those associated with educational programmes. It was felt that the term *visitor*, rather than tourist, provided a better explanation of this group, which consists of people wishing to further their understanding of the region, the science that takes place there, or both.

Figure 1
The Ross Sea region



A three-part methodology was used to examine a cycle of experience. Groups of visitors were compared through this cycle, and analysis for resulting change or transition was undertaken. Visitors with four organisations participated, to varying degrees, in a number of data gathering activities during the 2002/2003 and/or 2003/2004 seasons. Methods included: self-administered surveys sent to the respondent's home (up to 3 months in advance of the trip); personal narratives and journals while on the trip (regardless of trip length: 4–28 days); in-depth interviews held in Christchurch directly before and after the trip when possible; and email-surveys (2–3 months following the visit). In 2003/2004, supplemental data was collected in the field. Activities included familiarisation, participant observation, and informal interviews at Scott Base.

Most data for the project has now been collected, and results from the 2002/2003 season have undergone preliminary analysis. The following statements should thus be recognised as exploratory rather than conclusive.

- Visitors are younger and more "professional" in occupation category than previously recognised.

- Visitors are well educated, but have not necessarily travelled extensively to other remote regions. A minority of the visitors have previously been to the peninsula or flown over the continent.
- Visitors are less attached to environmental or conservation groups than revealed in previous tourism research, but are extremely well-read and aware of issues.
- Visitors begin with quite pro-environment worldviews, but comparison of scores on quantitative scales indicates little change from the anticipation stage to the recollection stage, despite a plethora of qualitative responses that might suggest otherwise.
- Post-trip, environmental awareness and knowledge have increased, but visitors appear to have very little intention of putting this into action, either in the context of Antarctica or another context, despite the fact that most participants now label themselves "ambassadors" for the continent.
- Throughout the phases, visitors appear to have a complex understanding of their impacts, the impacts of other users or forces, and the geopolitics involved in such visitation.
- Visitors place much more emphasis on scenery and challenge as motivations than indicated in published research.
- Although well aware of exploration heritage from the "heroic era" in the region, visitors do not generally place aspects of human presence (past or present) in their image of the continent. Rather they seem to purposefully exclude the scientific bases of today, although they are extremely disappointed if they do not reach such sites.
- An interesting dilemma exists in that visitors arriving by ship had a strong desire to visit Ross Island huts and stations, although ice conditions occasionally hampered these excursions; those arriving by plane, however, could see huts and stations, but craved the superior wildlife viewing ability of the ship-based groups. There was some lack of previous awareness that this might occur.
- Regarding such critical issues for the region as the replication or restoration of huts, or using the South Pole overland route, visitors have well informed and well thought out opinions, both positive and negative.

At present, supplemental data from the 2003/2004 season have just been added, and final analysis should take place in May 2004. From initial data it seems clear that the overall experience is dynamic, and so too are individual phases and their transitions. Although many facets of the experience have been examined in this research, only a few points have been presented in this paper. Understanding the visitor may yield implications for policy, regulation, and management for the region, and also provides broader perspective on visitors continent-wide.

Acknowledgements

The success of this project has depended on the insight of visitors during both field seasons, and the support of the organisations that brought these visitors to the region. As well, the following provided financial and/or in-kind support: the Commonwealth Scholarship Programme; New Zealand Post; Antarctica New Zealand; McEwing's Mountain Sports; and Macpac Wilderness Equipment.

References

Arnould, E. J., and L. L. Price. 1993. River magic: Extraordinary experience and the extended service encounter. *Journal of Consumer Research* 20(1): 24-45.

Bauer, T. G. 2001. *Tourism in the Antarctic: opportunities, constraints and future prospects*. New York: The Haworth Hospitality Press.

Borrie, W. T., and J. W. Roggenbuck. 2001. The dynamic, emergent, and multiphasic nature of on-site wilderness experiences. *Journal of Leisure Research* 33(2): 202-228.

Dingwall, P. R. 1997. Environmental management for Antarctic wilderness. International *Journal of Wilderness* 3(3): 22-26.

Patrick Maher is originally from Lawrencetown N.S. He has a B.A. in Geography from Lakehead University, and is now a Ph.D. student at Lincoln University, New Zealand studying visitor experience in the Ross Sea region under guidance of Drs. A. McIntosh and G. Steel. E-mail: maherp@lincoln.ac.nz.

The International Partnerships for Ice Core Science (IPICS): a Manifesto for Future Ice Coring

Workshop, Algonkian Park, Virginia March 15–16, 2004

This was a very significant two day meeting, as most individuals who have used an ice coring drill or analyzed ice cores from the Arctic Islands, Greenland and Antarctica in the last 30 years were present. Representatives from 11 countries took part in the US-hosted meeting. The National Science Foundation (NSF) funded participation.

During the past few decades, ice cores have contributed the lion's share of paleo-climate information linking changes in temperature, accumulation and air chemistry to changed forcing processes such as changes in greenhouse gases and other anthropogenic impacts, volcanic activity, and in solar insolation.

There is clearly a feeling in the community that it is time to take stock, because the major and obvious reconnaissance holes have now been drilled. The preliminary first order picture has been captured and now is the time to ask where to drill in the future, for which variables, and for what periods of time. A new phase of ice coring is beginning. The sense was that future drilling should be even more international than it has been in the past, at all levels, from planning and science to funding, logistics and hardware. In this way we get the most from our resources.

The following general goals were agreed on and many of them became central to a ten-year drilling proposal submitted to the International Polar Year.

1. Find the Oldest Ice

Use radar sounding and improved accumulation maps to find and sample the oldest ice in Antarctica (~1.5 Ma). At present the oldest core (from Dome C) is about 800 ka old and includes about 8 glacial cycles. The objective is to sample the oldest ice on earth and trace the changes in the CO_2 history, in particular the change in glacial period amplitudes.

In Greenland the NGRIP core did not capture an Eemian record, and the question remains whether there were sudden climate changes during the Eemian interglacial. The issue of sudden changes in an interglacial has clear relevance for modern society, and it is thus of great interest to obtain an Eemian record. The Danes have found a site believed to hold an Eemian period and they plan to drill there with an international team.

2. Focus on Arrays of Cores

In the Polar Regions, obtain dateable core records from the Arctic Islands of Canada, Svalbard, and Russia to provide paleo-climate histories with sufficient geographical coverage to meld into the other paleo-climate nets, e.g., tree rings and lake sediments. The ice core records do not suffer from the "growth-segment-length curse" that affects records based on live-organisms. Ice cores record all the frequencies, not just the higher ones.

New analysis methods, and even new variables for natural and anthropogenic substances, mean that some old

sites might have to be re-visited and cored. Having regional maps of variations in pollutants through time allow one to identify the sources of the pollution and the results of efforts to reduce it (e.g., lead and acids in the Arctic).

Antarctic arrays of cores covering a much larger portion of the interior were suggested. The International Trans-Antarctic Scientific Expedition (ITASE), which for several years has collected ~100 m cores that are analyzed for isotopes and chemical composition, must continue for many years yet, in order to give the required level of basic coverage.

A coastal array of bedrock cores is suggested for Antarctica to illuminate the glacial and de-glacial history of the outer parts of Antarctica. The interior cores all tend to look alike because they come from the massive isolated accumulation zone of the continent. The variable parts of Antarctica are the outer coastal regions and it is here that one must look for changes in mass balance and volume. Similarly some of the islands around Antarctica are ice-cap covered and these offer very good sites for obtaining a more responsive climate history. The James Ross Island ice cap is particularly attractive, as it is close to the Larsen Ice Shelf which recently broke up.

3. History of non-polar ice masses.

This is a pressing matter because climate warming in many areas is threatening to melt these ice stratigraphic "archives". Since the thinking today is that the polar climates are to a great extent driven by events in the tropics, these non-polar ice core records could contain histories of the low latitude drivers of change. The very high elevation sites like Mt. Logan (5400 m above sea-level) in the mid latitudes can also "see" what is going on in the tropics. Other old high elevation sites in Europe are particularly useful as records of human interference in climate and air chemistry.

Three Canadians participated in the workshop: myself, Erik Blake, and Mike Gerasimoff. Mike, formerly with the Geological Survey of Canada, now works in the US programme with Bruce Kocci's deep drill engineering group. Erik Blake makes a popular copy of the GSC ice coring drill (under an old licensing agreement), which itself is a copy of the original Danish tipping tower drill. I spoke for Canada's rather small ice core community. I mentioned our plans to partner with Canadian universities (chiefly Martin Sharp and Shawn Marshall) to drill a core on the Prince of Wales ice cap, under what would now become part of the Arctic Array of ice cores.

European and US funding agencies participated in the workshop (four from NSF [including Karl Erb] and two from ESF) so they clearly considered the workshop as very significant. There are important challenges ahead for those who are interested in ice core drilling and analyses.

For further detail contact: Dr. David Fisher, NRCAN, e-mail: david.fisher@nrcan.gc.ca.

Dr. Fisher is a glaciologist with the Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada in Ottawa, ON.

Hunting Dinosaurs in Antarctica

Philip John Currie

Alberta has long been known for its rich dinosaurian resources, and since the establishment of the Royal Tyrrell Museum of Palæontology in Drumheller, institutions from around the world often call on Canadian expertise in dinosaur collection and research. For example, as part of the Canada-China Dinosaur Project, we worked in both Canada and China from 1986–1991. Two of the many joint expeditions were on the Arctic islands, where we recovered the remains of 75 million year old dinosaurs similar to those of Alberta and parts of China.

Last year, I was asked to join an Antarctic expedition to collect the rest of the only known skeleton of an unusual crested meat-eating dinosaur known as *Cryolophosaurus ellioti*. The skeleton, which had been found in 1990, was high on the flanks of Mount Kirkpatrick, less than 600 kilometers from the South Pole. Kevin Kruger, who worked for several years in the labs of the Tyrrell Museum, also became part of the six-man team under Dr. William Hammer (Director of the Fryxell Museum of Geology, Rock Island, Illinois). The project is funded by the National Science Foundation, Washington, DC.

In late November (2003) we flew to a camp near the infamous Beardmore Glacier, high in the Transantarctic Mountains. Another five field parties of geologists and palæontologists were based there, although their projects had nothing to do with dinosaurs. I was surprised, but should not have been, by how much of the clothing and camp equipment was made in Canada. The top of Mount Kirkpatrick was visible from our tents on the glacier, although it was necessary to take a helicopter almost 40 kilometres to get to the dinosaur quarry. High winds and cloud-enshrouded mountaintops often made this trip impossible. On the days when we were on the mountain, we enjoyed one of the most spectacular views imaginable.

Although the sun never sets in November and December, the temperature was always well below freezing, far too cold to mix plaster with water to protect the specimen. Fortunately, the dinosaur is in extremely hard rock. Dynamite was used to remove the overburden. Then gas-operated jackhammers and rock saws were used to cut the rock-encased bones into blocks. These were taken down to camp by helicopter, and by Hercules aircraft to McMurdo Station. At the time of writing they were on a ship enroute to North America for preparation.

While collecting the *Cryolophosaurus*, the partial skeleton of a plant-eating dinosaur was found a short distance away. We removed this specimen as well, but will not know exactly what it is until it is prepared. Dinosaurs from 200 million years ago are relatively rare, particularly in that part of the world, and almost always produce previously unknown species.

For more details on this expedition and other Tyrrell activities, visit tyrrellmuseum.com.

Dr. Currie is Curator of Dinosaurs, Royal Tyrrell Museum of Palæontology, Drumheller, AB. E-mail: philip.currie@gov.ab.ca.

News in Brief

For seven weeks (December 2003 – February 2004) the Canadian flag flew beside the Bulgarian tricolour in Antarctica. **Dr. Marianne Douglas (Canada) and Dr. Christo Pimpirev (Bulgaria)** were part of the **Canadian Arctic Antarctic Exchange Program** sponsored by Canada's Polar Continental Shelf Project. This exchange program was developed a number of years ago to promote Canadian research in the Antarctic. Canadian researchers host an Antarctic researcher in the Arctic and in exchange, are hosted by a colleague at an Antarctic base. Dr. Pimpirev, executive director of the Bulgarian Antarctic Institute and Professor in the Faculty of Geology and Geography, Sofia University, spent a warm field season at Lake Hazen, Ellesmere Island during the northern summer of 2003 examining the sedimentology of the Hazen basin. Dr. Marianne Douglas, Associate Professor, Department of Geology, University of Toronto, **spent seven weeks at the Bulgarian Antarctic Base** on Livingston Island, South Shetland Islands (NW of Antarctic Peninsula) conducting limnological surveys and paleolimnological studies in order to characterize the degree of recent environmental change.■

"Microbial Ecosystems of Antarctica", the 1988 seminal book by Laval University **Prof. Warwick Vincent,** has been reprinted and released (March 2004) as a paperback by Cambridge University Press.■

"Under the Ice", a children's book by Kathy Conlan has been very well received and has been nominated for several awards. The book will go into second printing and is also available in French.■

Drs. Siciliano and Si, of the University of Saskatchewan's Department of Soil Science, have been awarded a **three year, NSERC Special Research Opportunity grant,** to collaborate with Drs. Riddle and Snape of the Australian Antarctic Division. The $74,000 awarded by NSERC will enable a Toxicology graduate student to develop soil toxicity tests suitable for Antarctic soils. The research team hypothesizes that the liquid water regime of these cold-region soils and how it responds to petroleum contamination will be the critical factor **determining the overall impact of a petroleum hydrocarbon spill in cold regions.** Over the three year period Canadian scientists will work with Australian scientists at Casey Station in Antarctica as well as spend time in Australia with other toxicologists investigating ecotoxicity in Antarctica. At the conclusion of this project, new soil toxicity tests suitable for oil remediation projects in Antarctica will have been developed.■

A workshop on the project entitled **"Enhanced ultraviolet-B radiation in natural ecosystems as an added perturbation due to ozone depletion"** was held in Buenos Aires from March 31 to April 2, 2004. Forty-two participants from eight countries of both North and South America discussed the project's results. The purpose of the project, which was funded by the Inter-American Institute for Global Change, was to study the impact of UV radiation on various ecosystems from polar to southern latitudes. Participation by Canadian researchers **Serge Demers, Michel Gosselin, Émilien Pelletier and Suzanne Roy of the Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Université du Québec à Rimouski (UQAR),** was made possible by a NSERC grant provided under the Special Research Opportunity program. During the workshop, the research team mandated to study the impact of UV radiation on the marine ecosystem, led by Serge Demers, Director of ISMER, announced the findings of their work undertaken in part in Antarctica. Furthermore, the group expressed a wish to follow up on this research program. An application for funding entitled **"Impact of simultaneous temperature increase and solar UVB radiation on biologically mediated atmosphere-ocean CO_2 fluxes in the Argentine Continental Shelf and the Antarctic Ocean"** and including researchers from the Institut des sciences de la mer de Rimouski has already been submitted to the Antorchas Foundation. If the requested funds are provided, the field work should start during the summer of 2005. The workshop proceedings should be published in 2005 in a special issue of a scientific journal that has not yet been determined.■

Prof. Robert Gilbert, Queen's University, was part of the team led by Prof. Eugene Domack, Hamilton College, NY, that recently discovered a submarine volcano in the Antarctic Strait, off the Antarctic Peninsula (see NSF press release, May 20, 2004, at nsf.gov). In May 2004, the

team onboard the US research vessel "Laurence M. Gold" sailed on another cruise to study the seafloor that recently became accessible by surface vessel after the break-up of the Larsen B ice-shelf. However, heavy ice conditions prevented them from reaching their intended field site. Instead they investigated a volcano-like sea bed feature they had seen earlier. Prof. Gilbert has been working in the Peninsula area as part of an international team for several years.■

Dr. Christian Otto, an emergency physician from Kingston, Ontario, has recently been appointed by the US Antarctic Program to serve as the South Pole physician for the 2004/05 summer and winter season. This will be **Dr. Otto's second tour with the US Antarctic Program** having already served a one year tour as the physician at McMurdo Station during the 2002/03 seasons. Dr. Otto is an associate member of SCAR's Expert Working Group on Human Biology and Medicine and a visiting professor at the University of Texas where he is completing his Master's of Science degree. **His research deals with remote medicine and the use of telemedicine.** Dr. Otto completed his undergraduate and medical degree at the University of Ottawa.■

Dr. Thomas James, Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada, in Sidney, BC, is the lead editor, with T.H. Jacka (Australia), A. Morelli (Italy) and R. Dietrich (Germany), of **"Ice Sheets and Neotectonics", a Special Issue of the journal *Global and Planetary Change*.** Dr. James is also a co-author of one of the 21 peer reviewed papers in the issue, which they hope will be printed and ready for distribution at the **SCAR meetings in Bremen in July 2004.** Two of the papers deal with northern hemisphere phenomena, while the rest focus on Antarctica. The issue is a significant contribution to our understanding of the mass balance of the Antarctic ice sheet and to our understanding of the interactions between ice sheets and the solid Earth.■

CCAR/CCRA Members and Advisers

Wayne Pollard (Chair)
Department of Geography
McGill University
805 Sherbrooke St.
Montreal, PQ H3A 2K6
Tel: (514) 398-4454
Fax: (514) 398-7437
pollard@felix.geog.mcgill.ca

Warwick Vincent (Past Chair)
Departement de biologie
Université Laval

Erik Blake
Icefield Instruments Inc.
3C Glacier Rd.
Whitehorse, Yukon Y1A 5S7
tel: (867) 633-4264
fax: (867) 633-4217
erik@icefield.yk.ca

Kathy Conlan
Canadian Museum of Nature
P.O. Box 3443, Stn. D
Ottawa, ON K1P 6P4
Tel.:(613) 364-4063
Fax: (613) 364-4027
kconlan@mus-nature.ca

Serge Demers
Institut des sciences de la mer de Rimouski
310 allée des Ursulines
C.P. 3300
Rimouski, PQ G5L 3A1
Tel: (418) 724-1650
Fax: (418) 724-1842
serge_demers@uqar.qc.ca

Marianne Douglas
Department of Geology,
University of Toronto
22 Russell Street
Toronto, ON M5S 3B1
Tel: (416) 978-3022
Fax: (416) 978-3938
msvd@geology.utoronto.ca

Kevin Hall (Antarctic Adviser, CPC)
Geography Programme
University of Northern B.C.
3333 University Way
Prince George, BC V2N 4Z9
Tel: (250) 960-5864
Fax: (250) 960-5539
hall@unbc.ca

Fred Roots (Antarctic Adviser, CPC)
Environment Canada
351 St. Joseph Boul., First Floor
Ottawa, ON K1A 0H3
Tel: (819) 997-2393
Fax: (819) 997-5813
fred.roots@ec.gc.ca

Peter Suedfeld
University of British Columbia
2136 West Mall
Vancouver, BC V6T 1Z4
Tel.: (604) 822-5713
Fax: (604) 822-6923
psuedfeld@cortex.psych.ubc.ca

Olav Loken (Secretary)
1170 Bonnie Crescent
Ottawa, ON K2C 1Z5
Tel. & Fax.: (613) 225-4234
oloken@sympatico.ca

CARN Newsletter

All rights reserved © Canadian Polar Commission/Canadian Antarctic Research Network

Material for this issue of the newsletter was compiled by the Secretary, Canadian Committee for Antarctic Research.

Please send correspondence to:
Editor, CARN Newsletter
Canadian Polar Commission
Suite 1710, 360 Albert Street
Ottawa, ON K1R 7X7
Tel.: (613) 943-8605
Fax: (613) 943-8607
mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca/ccarhome.htm

CANADIAN POLAR COMMISSION
COMMISSION CANADIENNE DES AFFAIRES POLAIRES

Vol 18, mai 2004

BULLETIN POUR LE

Réseau canadien de recherches antarctiques

Intérieur

L'histoire du courant glaciaire Kamb, en Antarctique, révélée par des ondes radar qui pénètrent dans la glace 1

Ce que les scientifiques devraient savoir à propos de la Loi sur la protection de l'environnement antarctique et de son règlement 5

Simulation de la réaction du climat de l'Antarctique à l'appauvrissement de l'ozone 6

Récentes contributions canadiennes à la science antarctique et bipolaire 9

Regard sur l'expérience du visiteur dans la région de la mer de Ross, Antarctique 10

Les partenariats internationaux pour la science des carottes de glace (PISCG) : manifeste pour l'avenir de l'extraction de carottes 12

La chasse aux dinosaures en Antarctique 14

Nouvelles en bref 15

L'histoire du courant glaciaire Kamb, en Antarctique, révélée par des ondes radar qui pénètrent dans la glace

Ginny Catania[1], Howard Conway[1], Charlie Raymond[1] et Ted Scambos[2]

L'inlandsis de l'Antarctique de l'Ouest (IAO) est la plus grande nappe de glace marine qui existe sur la Terre. Sa décharge est contrôlée par des courants glaciaires rapides (jusqu'à 800 m a-1) (régions où le mouvement rapide des glaces résulte surtout du glissement basal) qui se prolongent loin dans l'intérieur du continent (Figure 1). Comme ces courants glaciaires aident à régler le bilan massique de la nappe de glace, la stabilité générale de l'Antarctique de l'Ouest pourrait être liée à la dynamique de ces courants. Les études menées sur le terrain, dans la région de la côte Siple, montrent le haut degré de variabilité constaté dans la position et la décharge des courants glaciaires. Un exemple est la découverte de crevasses enfouies qui délimitent un ancien courant glaciaire (courant glaciaire Kamb) qui s'est arrêté en 1859 apr. J. C. ±25 ans (Retzlaff et Bentley, 1993). Cette variabilité pourrait être en partie liée aux changements de climat à long terme amenés par la fin du dernier maximum glaciaire il y a 14 milliers d'années, mais nous ne connaissons pas encore la réaction exacte des courants glaciaires face au forçage climatique. La variabilité pourrait simplement indiquer que les processus internes propres à la nappe glaciaire contribuent aux fluctuations à grande échelle dans la position et la décharge des courants glaciaires.

Une grande partie des faits connus sur la variabilité des courants glaciaires résultent de l'observation des changements sur les bordures des courants. La connaissance sur la façon dont se produisent les changements dans la position des bordures à court et à long termes nous aide à comprendre le comportement actuel et futur (éventuel) de la nappe glaciaire et sa réaction au forçage

1. Earth and Space Sciences, Université de Washington, Seattle, WA, 98195, É.-U.
2. National Snow and Ice Data Center, Université du Colorado, Boulder, CO, 80309, É.-U.

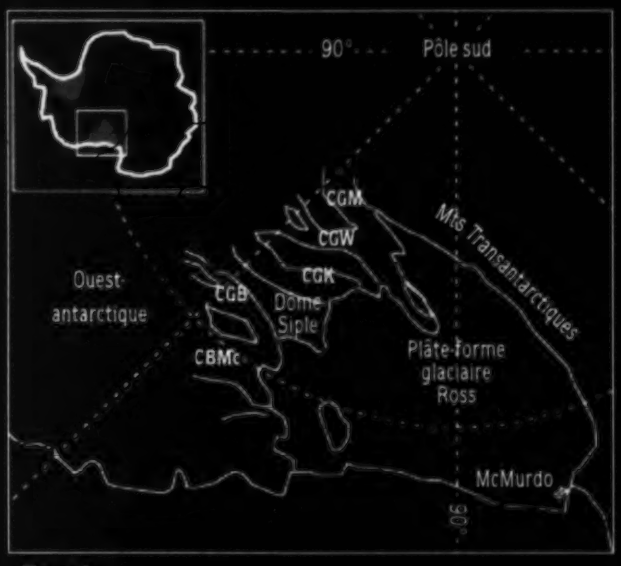


Figure 1
Carte du site des courants glaciaires de la côte Siple. Les courants glaciaires sont les courants Mercer (CGM), Whillans (CGW), Kamb (CGK), Bindschadler (CGB) et MacAyeal (CGMc). Leurs anciens noms sont A, B, C, D et E, respectivement. Le dôme Siple est une crête qui marque la limite du côté nord du CGK. La case en gris clair fait ressortir la zone indiquée à la Figure 2.

climatique. Les bordures des courants glaciaires marquent l'endroit où en général la vitesse de surface horizontale change dans une proportion de plus de deux ordres de grandeur sur quelques kilomètres et où de nombreuses crevasses désordonnées se forment (Echelmeyer et Harrison, 1999). Les contraintes de cisaillement sont grandes dans les bordures, et la contrainte de cisaillement à la base est nettement inférieure à la contrainte de poussée due à la présence d'un lit bien lubrifié, qui se déforme (Kamb, 2001). Par conséquent, les bandes relativement étroites des bordures subissent habituellement la plus grande partie de la contrainte de poussée (Raymond et al., 2001).

La Figure 2 montre une image RADARSAT de la région des courants glaciaires Kamb et Whillans, y compris les terrains de glace plats aux abords de la partie aval du courant glaciaire Kamb (CGK). Les signaux de retour en surbrillance obtenus des bordures de cisaillement du courant glaciaire Whillans (CGW) montrent à quel point les crevasses des bordures actives contribuent à disperser les signaux radars d'entrée. En revanche,

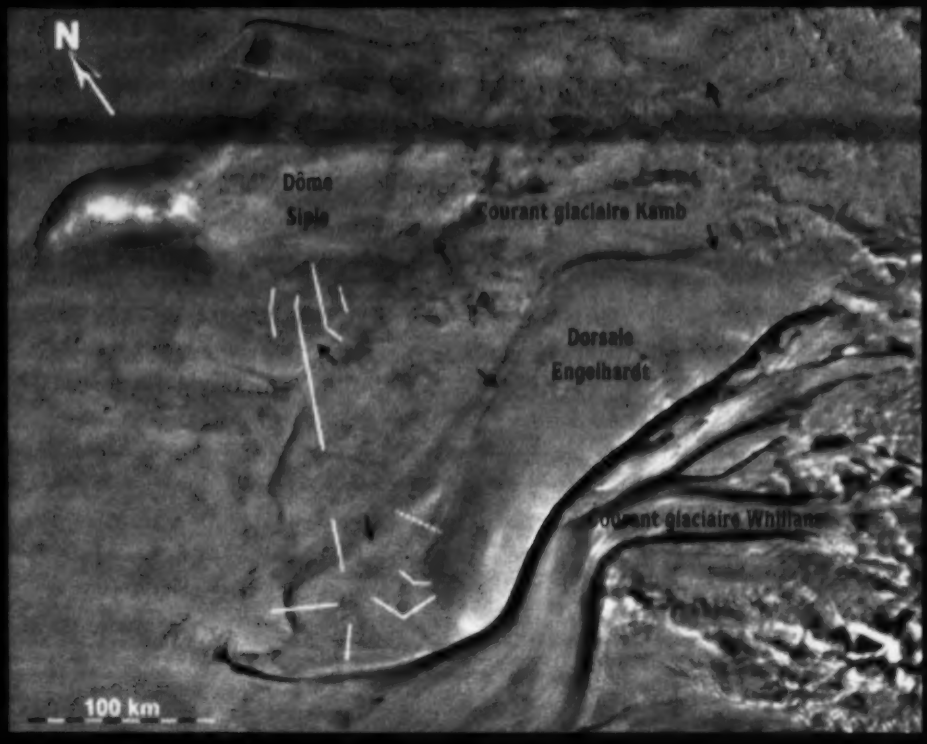
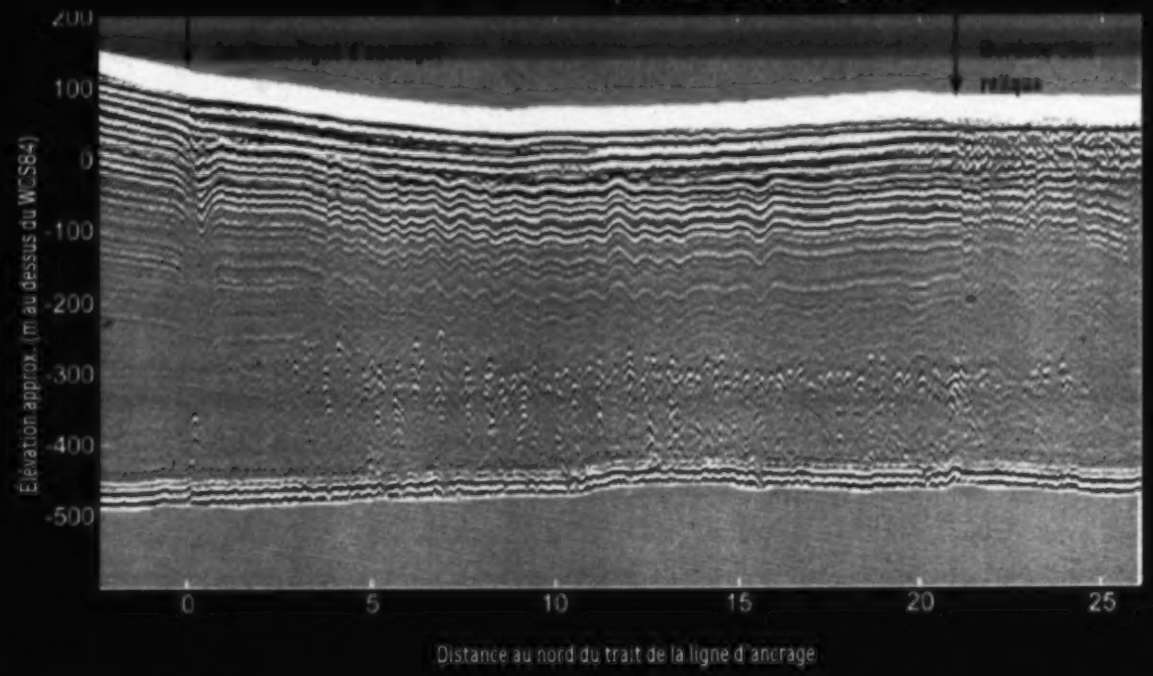


Figure 2
Image RADARSAT des régions du CGK et du CGW. En général l'écoulement suit une trajectoire allant de droite à gauche. Les lignes noires représentent les diagrammes radar établis dans les zones de glace plates qui entouraient le CGK durant les saisons d'exploration 2001 et 2002. La ligne pointillée noire indique l'endroit d'où proviennent les données radar présentées à la Figure 3. La flèche blanche montre la plus récente (~150 ans) bordure du CGK. L'image provient du National Snow and Ice Data Center.

les bordures du courant glaciaire Kamb sont obscurcies par la neige qui s'y est accumulée depuis l'arrêt de l'écoulement du courant. Plusieurs caractéristiques des terrains de glace plats aux abords de la partie aval du courant glaciaire Kamb montrent des particularités semblables aux bordures reliques du CGK. Ce sont des lignes courbes brillantes ou foncées sub-parallèles à la direction de l'écoulement glaciaire. Nous utilisons des images satellitaires comme la Figure 2 avec des données radar obtenues par la télédétection au sol (dans une gamme de fréquences de 2–200 MHz) pour tenter de déterminer si ces caractéristiques sont des bordures reliques et le moment où l'écoulement glaciaire a cessé au niveau des bordures.

Nos données sur l'ensemble des bordures reliques des courants glaciaires indiquent que les bordures résultent habituellement de l'action de diffracteurs peu profonds près de la surface (vraisemblablement liée aux crevasses enfouies) et d'une transition correspondante allant des couches plus profondes continues à discontinues (km 21 sur la Figure 3). En outre, les bordures reliques sont souvent associées à des dépressions topographiques pouvant atteindre jusqu'à 50 m de profondeur sur 10 km, qui pourraient être liées à la fonte à l'endroit où la contrainte de cisaillement est à son maximum. Ces dépressions permettent de repérer les bordures reliques à partir d'images satellitaires, parfois même quand les crevasses de surface sont profondément enfouies. Durant les saisons d'exploration 2000–2001 et 2002, des données radar ont été recueillies pour l'ensemble de ces caractéristiques dans le but d'aider à déterminer la profondeur d'enfouissement des crevasses, les taux d'accumulation locale et la vitesse actuelle des glaces. Grâce à cette information, nous avons pu déterminer la date

Figure 3
Données radar 5 MHz pour deux caractéristiques de la partie aval du CGK, le long de la ligne pointillée de la Figure 2 (le km 0 est à l'extrémité sud de la ligne). La crête BC est à gauche et la partie principale du CGK est à droite. Le retour dominant, à environ 500 m, est le lit. La ligne noire épaisse couvre le retour de l'onde aérienne (l'onde directe du transmetteur). Les couches ondulées vers le bas au km 0 pourraient marquer la position d'une ancienne ligne d'ancrage avec couches fortement ondulées vers le bas liées à la fonte concentrée au point de transition entre la glace ancrée et la glace flottante. La bordure relique au km 21 est la plus récente du CGK; elle date de 1850 apr. J.-C. (Retzlaff et Bentley, 1993).



où l'écoulement glaciaire a cessé au niveau des quatre bordures reliques qui longent la partie principale du CGK, ce qui nous a permis de dresser le tableau des configurations des courants glaciaires aux époques passées. La bordure du CGK située le plus à l'extérieur a 340 ans, soit à peu près 200 ans de plus que la bordure la plus récente qui indique que l'écoulement du courant glaciaire pourrait avoir cessé par étapes.

Il importe de mentionner une des importantes découvertes de nos saisons d'exploration. Nous nous sommes aperçus que les caractéristiques examinées n'étaient pas toutes des bordures reliques. Un deuxième type de caractéristiques d'origine inconnue a été repéré le long des deux crêtes qui entourent le CGK. Les diagrammes radar fournis par le système de télédétection au sol pour l'ensemble de ces caractéristiques et des terrains de glace plats contigus qui les séparent des bordures reliques du CGK révèlent des schémas complexes de couches internes (Figure 3). Les couches internes sont fortement ondulées vers le bas (au km 0) et adjacentes aux grandes superficies (jusqu'à 2 500 km *ca*) des terrains de glace plats constitués de couches et de diffracteurs légèrement perturbés mais continus à près de la moitié de l'épaisseur de la glace en profondeur (Figure 3 du km 0 au km 21). Près de la surface, il n'y a pas de diffracteurs associés à ces caractéristiques, qui porteraient à croire qu'elles se forment dans les bordures des courants glaciaires.

On ne connaît pas bien l'origine de ces caractéristiques et pour expliquer leurs particularités nous supposons qu'elles marquent une ancienne limite d'ancrage. Joughin et Padman (2003) estiment que la fonte au-dessous d'une plate-forme de glace se concentre à la limite d'ancrage, c'est-à-dire à l'endroit qui marque la transition entre la glace ancrée et la glace flottante. Cette fonte pourrait être la cause de la forte ondulation vers le bas constatée dans les couches internes au km 0. Par ailleurs, les conditions propices au flottement peuvent permettre la formation de crevasses au fond. Celles-ci pourraient être à l'origine des nombreux diffracteurs détectés à mi-profondeur. Cette hypothèse explique bon nombre des caractéristiques observées dans les couches internes, mais certains faits notés n'ont pas encore été élucidés. Actuellement, la glace dans cette région est à 120 m au-dessus du point où la glace flotte. Pour remplir les conditions propices au flottement comme celles constatées pour la glace de la plate-forme Ross, la glace ici doit s'être épaissie considérablement depuis qu'elle a été ancrée et/ou elle doit reposer sur un fond rocheux soulevé par la décharge glaciaire survenue lors du dernier maximum glaciaire.

Si cette hypothèse est exacte et que la partie inférieure du CGK flottait à une certaine époque puis s'est ensuite ancrée alors que le courant glaciaire était encore actif, ce fait aurait eu un énorme impact sur la vélocité du CGK. Pour l'instant, nous tentons de déterminer les élévations de la nappe glaciaire dans ces régions aux époques passées, pour établir quand l'endroit aurait presque rempli pour la dernière fois les conditions propices au flottement. Nous espérons que cela permettra de savoir à quel moment l'extrémité inférieure du CGK est devenu ancrée.

Références

Echelmeyer, K.A., et W.D. Harrison. 1999. Ongoing margin migration of Ice Stream B, Antarctica. *Journal of Glaciology*, 45(150): 361–369.

Kamb, B., 2001. Basal zone of the West Antarctic ice streams and its role in lubrication of their rapid motion. dans : *The West Antarctic Ice Sheet: Behavior and Environment*. Antarctic Research Series 77. R.B. Alley et R.A. Bindschadler éd., American Geophysical Union, pp. 157–199.

Raymond, C.F., K.A. Echelmeyer, I.M. Whillans et C.S.M. Doake, 2001. Ice Stream Shear Margins, dans : *The West Antarctic Ice Sheet: Behavior and Environment*. Antarctic Research Series 77. R.B. Alley et R.A. Bindschadler éd., American Geophysical Union, pp. 137–155.

Joughin, I., et L. Padman. 2003. Melting and freezing beneath Filchner-Ronne Ice Shelf, Antarctica, *Geophysical Research Letters*, 30 (9): 10.1029/2003GL016941

Retzlaff, R., et C.R. Bentley. 1993. Timing of stagnation of Ice Stream C, West Antarctica from short-pulse radar studies of buried crevasses. *Journal of Glaciology*, 39(133): 553–561.

Rignot, E., et S.S. Jacobs. 2002. Rapid bottom melting widespread near Antarctic Ice Sheet grounding lines. *Science*, 296: 2020–2023.

Ginny Catania est originaire de Burlington, Ontario, Canada. Elle est titulaire d'un baccalauréat en géographie de l'Université de Western Ontario et d'une maîtrise en géologie de l'Université du Minnesota. Actuellement, elle est candidate au doctorat en géophysique à l'Université de Washington, à Seattle, WA. Elle prépare une thèse sur les courants glaciaires de l'IIAO sous la direction de H. Conway et de C. Raymond. Courriel : ginny@ess.washington.edu.

Ce que les scientifiques devraient savoir à propos de la Loi sur la protection de l'environnement antarctique et de son règlement

Dans le cadre de l'effort mondial de protection de l'environnement antarctique, le Canada a ratifié le Protocole de Madrid et promulgué la Loi sur la protection de l'environnement antarctique (LPEA) et son règlement. L'Antarctique est une région importante sur le plan environnemental; elle renferme des écosystèmes relativement intacts qui sont précieux pour la recherche scientifique. La loi canadienne adoptée depuis peu reconnaît les possibilités uniques que l'Antarctique offre pour le suivi et la recherche scientifiques axés sur les processus d'envergure régionale et planétaire.

La LPEA et son règlement exigent la surveillance des activités canadiennes en Antarctique (notamment les travaux scientifiques). À compter du 1er décembre 2003, les scientifiques qui participeront à des expéditions menées par des Canadiens devront demander et recevoir un permis pour aller en Antarctique, sauf s'ils en ont obtenu la permission d'une autre partie au Protocole de Madrid et dans les cas d'urgence. La Loi autorise une personne, comme un chef d'expédition scientifique, à faire une demande de permis au nom d'autres personnes. Les modalités du permis s'appliquent à toute personne visée par ce permis.

Pour que le permis soit accordé, les activités proposées dans le cadre de l'expédition sont assujetties à l'évaluation environnementale (EE) prévue par la LPEA et son règlement. Cette évaluation détermine les répercussions éventuelles des activités sur l'environnement antarctique et évalue les moyens pris ou envisagés pour minimiser ces répercussions. Pour faciliter le travail d'EE, la demande de permis doit inclure des renseignements sur les éventuelles répercussions environnementales, l'état de l'environnement au départ et l'examen des éventuels effets indirects ou secondaires sur l'environnement. La demande doit préciser si, selon le requérant, les activités auront un effet plus que mineur ou transitoire sur l'environnement antarctique. Si d'après l'EE le ministre de l'Environnement juge que les activités auront vraisemblablement un effet même mineur ou transitoire sur l'environnement, d'autres processus d'évaluation environnementale sont entrepris.

Le scientifique qui dirige l'expédition doit aussi établir un plan de gestion des déchets obligatoire et un plan d'urgence environnementale. Aucun droit n'est exigé pour les demandes de permis présentées conformément à la LPEA et à son règlement.

Pour des motifs scientifiques, on accorde un permis pour des activités habituellement interdites si le permis est demandé par les scientifiques et estimé justifiable par le ministre de l'Environnement. Ces activités incluent celles qui se rattachent aux ressources minérales, les entraves au bien-être des animaux sauvages propres à l'Antarctique, l'introduction d'espèces animales ou végétales allogènes et tout ce qui a trait à l'élimination des déchets.

Certains endroits de l'Antarctique ont été désignés comme zones spécialement protégées pour que leur valeur naturelle, physique et patrimoniale unique soit préservée. Les scientifiques qui comptent pénétrer dans ces zones doivent savoir que lorsqu'un plan de gestion a été établi pour une zone spécialement protégée, la demande de permis doit concorder avec ce plan. La demande de permis doit décrire les activités envisagées et préciser, entre autres, quand, où et par qui elles seront menées. Si le plan de gestion n'a pas encore été établi, les personnes qui demandent un permis d'accès à une zone spécialement protégée peuvent l'obtenir seulement si l'activité est prévue pour un motif scientifique impérieux et ne peut être menée ailleurs, et ne compromettra pas le système écologique naturel de la région.

Conformément au Protocole de Madrid, les scientifiques doivent savoir que certaines activités sont interdites en vertu de la LPEA, peu importe les circonstances : le brûlage de déchets à l'air libre; l'élimination de déchets dans les zones libres de glace ou les milieux d'eau douce; le déversement en mer de produits ou substances nuisibles pour l'environnement marin, sauf dans les conditions prévues pour l'élimination des résidus

ménagers liquides; l'introduction de substances interdites dans l'Antarctique; l'endommagement des sites ou monuments historiques. Ces conditions doivent être respectées même quand les scientifiques canadiens travaillent dans l'Antarctique en vertu d'un permis obtenu d'un autre pays.

Le Canada est préoccupé par le rythme croissant de la bioprospection génétique dans l'Antarctique. Aux termes de la LPEA, les activités scientifiques menées par des Canadiens seront réglementées pour que les autorités puissent surveiller l'accès au matériel génétique. La LPEA et son règlement interdisent l'enlèvement de matières indigènes de l'Antarctique, sauf aux termes d'un permis accordé par le ministre de l'Environnement. À noter que le ministre de l'Environnement a le pouvoir discrétionnaire d'annuler ou de suspendre un permis n'importe quand, dans l'intérêt du public. L'observation de toutes les conditions de la LPEA et de son règlement est obligatoire.

Conformément à l'approche adoptée par les autres pays signataires du traité, le Canada reconnaît les permis obtenus d'un pays qui est partie au protocole. Toutefois, pour réglementer les activités canadiennes dans l'Antarctique le Canada exige une copie des permis obtenus des autres pays signataires du traité. Pour de plus amples renseignements sur la LPEA et son règlement, veuillez consulter le site Web d'Environnement Canada au ec.gc.ca/international/regorgs/antarctic/1antarctic_f.htm.

George Enei est directeur de la Direction des priorités en matière de conservation d'Environnement Canada, (819) 997-3079.

Simulation de la réaction du climat de l'Antarctique à l'appauvrissement de l'ozone

N. P. Gillett et D. W. J. Thompson

Les récents changements de climat dans l'hémisphère Sud (HS) ont été marqués par l'accroissement des vents de l'ouest (qui soufflent de l'ouest à l'est) qui encerclent l'Antarctique sur toute l'épaisseur de la couche atmosphérique (Thompson et Solomon, 2002). Dans la stratosphère, au-dessus de ~10 km, les tendances sont plus prononcées durant les mois du printemps; dans la troposphère, au-dessous de ~10 km, elles sont plus prononcées durant les mois de l'été. Compte tenu de la structure et de la saisonnalité des tendances observées, Thompson et Solomon (2002) ont affirmé que celles-ci concordent avec la réaction à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique.

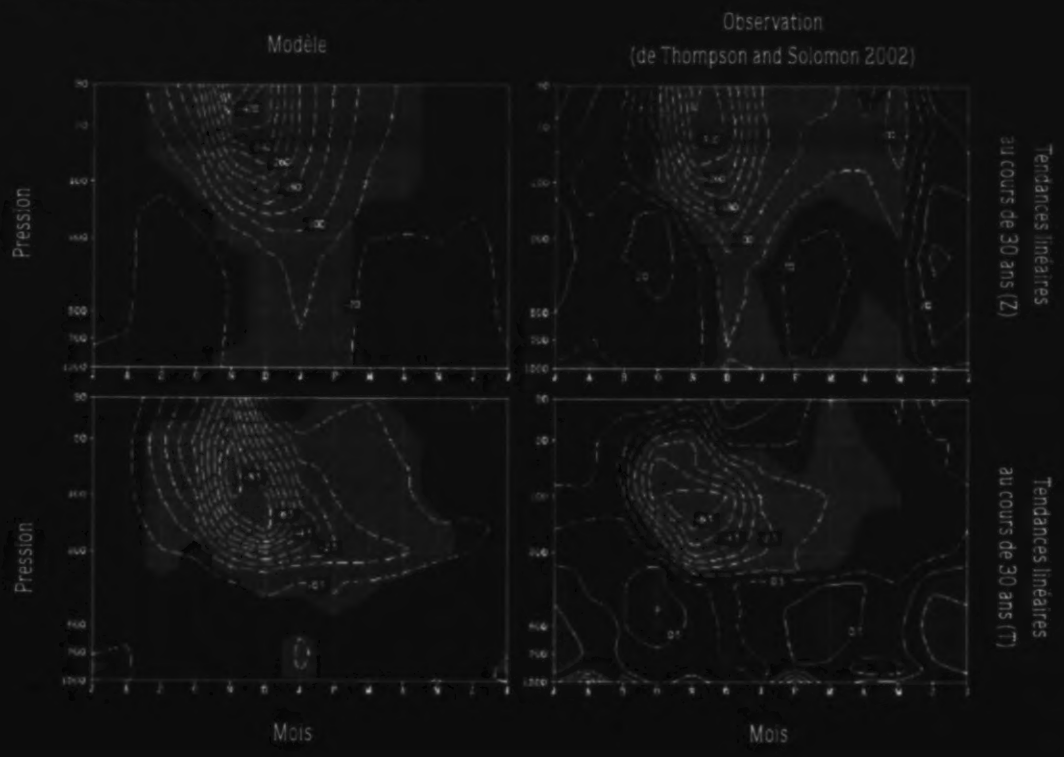
Cet article décrit une étude de modélisation menée pour tester l'hypothèse selon laquelle les récents changements dans la circulation troposphérique de l'HS ont été induits par la diminution de l'ozone stratosphérique. Il est basé sur un rapport récemment publié qui annonce les résultats de l'étude (Gillett et Thompson, 2003). Nous utilisons des simulations d'un modèle de l'atmosphère à résolution verticale élevée couplé à un simple modèle d'océan (Gillett et al., 2003). Les répercussions de la diminution de l'ozone sur la circulation dans l'HS sont évaluées par la comparaison de deux exercices de simulation prévoyant des répartitions différentes de l'ozone stratosphérique; toutes les autres variables externes sont demeurées fixes. La simulation de contrôle a été effectuée avec une reconstitution de l'ozone préindustriel; la simulation perturbée l'a été avec des pertes d'ozone stratosphérique établies selon les tendances observées au cours d'une période de 18 ans, soit de 1979 à 1997 (Randel et Wu, 1999).

Dans la stratosphère, l'appauvrissement de l'ozone induit un refroidissement au-dessus de la calotte polaire du fait de la moindre absorption des rayons ultraviolets (Fig. 1, en bas à gauche). Conformément aux observations (Thompson et Solomon, 2002), la réaction est plus prononcée au moment où l'appauvrissement de l'ozone est à son maximum, quand la lumière du soleil revient dans la région polaire, en novembre, et elle se prolonge pendant les mois d'été. Le refroidissement de la stratosphère simulé s'accompagne d'une diminution de la

hauteur géopotentielle au-dessus du pôle qui atteint un plafond en novembre (Fig. 1, en haut à gauche) (la hauteur géopotentielle est la hauteur d'un point où la pression est fixe, donc une baisse de la hauteur géopotentielle équivaut à une diminution de la pression à des niveaux fixes au-dessus du pôle, qui entraine un accroissement des vents de l'ouest circumpolaires). Durant les mois du printemps et de l'été, lastructure verticale et l'amplitude de la hauteur géopotentielle stratosphérique simulée ainsi que les tendances de la température montrent de fortes similarités par rapport aux phénomènes observés (Fig. 1, panneaux droits).

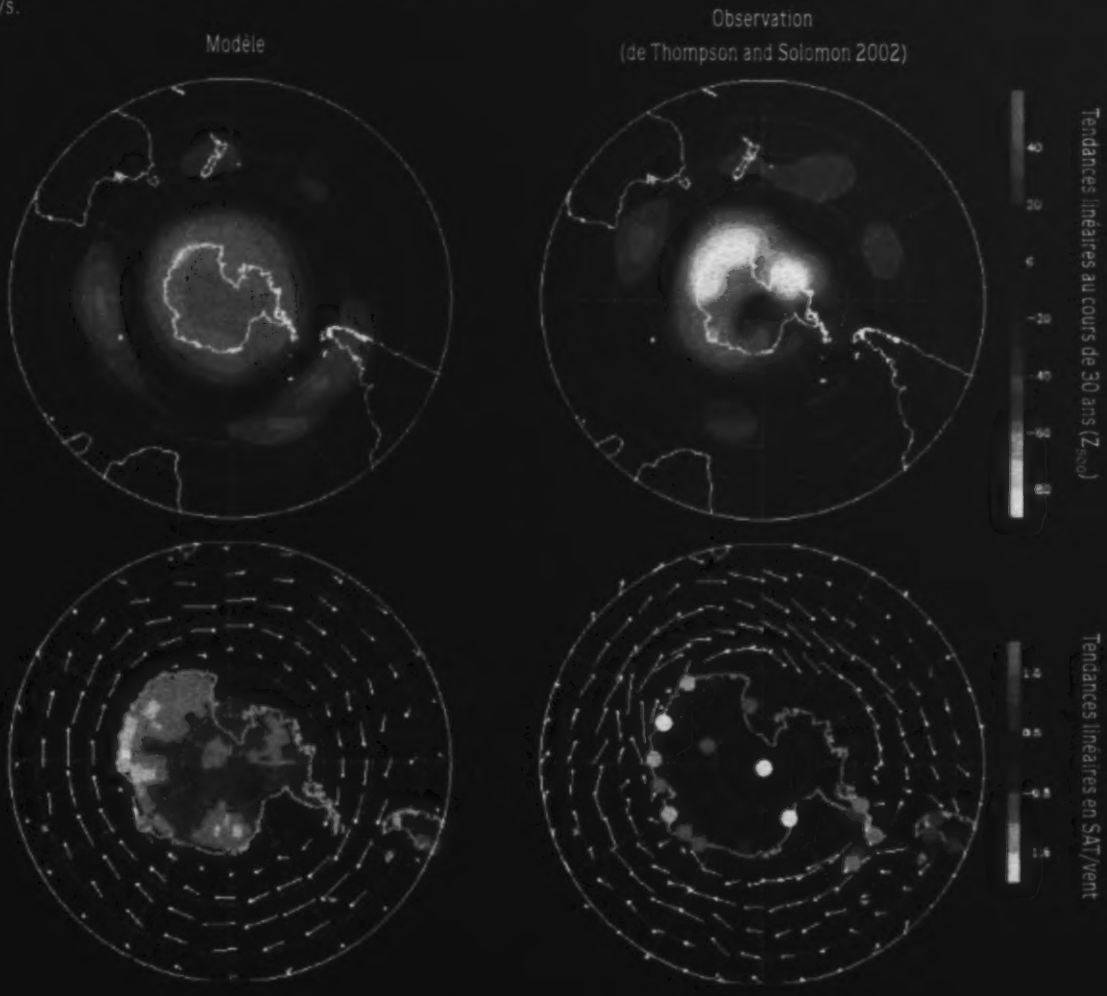
Figure 1
Changements simulés (colonne de gauche) et observés (colonne de droite) dans (rangée du haut) la hauteur géopotentielle (m) et (rangée du bas) la température (K) en direction du pôle jusqu'à 65° S. Les diminutions de la hauteur géopotentielle au-dessus du pôle correspondent aux baisses de pression à des niveaux fixes. Les changements observés proviennent de l'article de Thompson et Solomon (2002), et les changements simulés de celui de Gillett et Thompson (2003).

La simulation d'une grande réaction à l'appauvrissement de l'ozone dans la stratosphère polaire n'est pas surprenante : vu les phénomènes observés et les preuves apportées par la modélisation, on s'attend à cette réaction. Il y a par contre un fait surprenant : le prolongement vers le bas des considérables diminutions de la hauteur géopotentielle à la surface durant les mois d'été, même si les changements dans l'ozone s'appliquent seulement à la stratosphère. La saisonnalité, la structure verticale et l'amplitude des changements simulés de la hauteur géopotentielle dans la troposphère (Fig. 1, en haut à gauche) sont semblables à ce qui a été observé (Fig. 1, en haut à droite). À l'instar des phénomènes observés, les plus vastes et les plus importantes diminutions simulées de la hauteur géopotentielle dans la troposphère se produisent ~1–2 mois après le refroidissement maximal dans la stratosphère. À noter que le réchauffement de la troposphère observé durant les autres saisons n'est pas évident dans la réaction simulée à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, et qu'il concorde avec l'augmentation des gaz à effet de serre.



En été, entre décembre et février (quand la réaction troposphérique simulée est la plus marquée), la structure horizontale des tendances de la hauteur géopotentielle troposphérique simulée (Fig. 2, en haut à gauche) ressemble beaucoup à la structure horizontale des tendances observées et indiquéesdans Thompson et Solomon (2002) (Fig. 2, en haut à droite) : les deux révèlent une baisse de la hauteur géopotentielle en direction du pôle à 60°S et une augmentation de la hauteur géopotentielle aux latitudes moyennes. Les tendances simulées durant les mois d'été s'accompagnent d'un considérable refroidissement en surface sur la plus grande partie de l'Antarctique et d'un accroissement du flux vers l'ouest en surface, à environ 50–60°S (Fig. 2, en bas à gauche), ce qui concorde avec les phénomènes observés (Fig. 2, en bas à droite). Le réchauffement relativement faible au-dessus de la péninsule

Figure 2
Changements en été simulés (colonne de gauche) et observés (colonne de droite) dans la (rangée du haut) hauteur géopotentielle de 500 hPa (m) et (rangée du bas) dans la température (K) près de la surface et les vents. Les changements observés proviennent de l'article de Thompson et Solomon (2002), et les changements simulés de celui de Gillett et Thompson (2003). Le vecteur vent le plus long correspond à ~4 m/s.



antarctique et de la Patagonie concorde avec les phénomènes observés, et il reflète vraisemblablement les répercussions des vents de l'ouest accrus qui proviennent des eaux relativement chaudes, à l'ouest du passage Drake.

Plusieurs facteurs ont été cités comme des éléments pouvant déclencher les tendances des flux vers l'ouest circumpolaires dans l'hémisphère Sud. Les modèles qui intègrent l'intensification des gaz à effet de serre révèlent des tendances de la circulation comparables aux tendances observées, mais l'amplitude des tendances simulées est grandement inférieure à celle qui a été observée. Les résultats indiqués dans cette étude appuient l'hypothèse selon laquelle l'appauvrissement de l'ozone a joué un rôle crucial dans le récent changement de climat non seulement dans la stratosphère de l'HS, mais aussi dans la troposphère de l'HS. Ces résultats s'ajoutent à un ensemble croissant de preuves obtenues par l'observation et la modélisation qui laissent supposer que les processus stratosphériques jouent un rôle important en rapport avec la variabilité du climat à la surface de la Terre sur une gamme d'échelles de temps, surtout aux hautes latitudes (Baldwin et al., 2003). Les simulations laissent entendre qu'il est peu probable que l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique ait eu un effet comparable sur le climat arctique, vu la diminution beaucoup moindre observée dans cette région (résultats non indiqués). Cependant, les mécanismes à la base de la réaction de l'Antarctique pourraient quand même influer sur la compréhension du couplage entre la stratosphère et la troposphère, dans l'hémisphère Sud. Avec les observations signalées dans Thompson et Solomon (2002), les constatations mentionnées ici portent à croire que les émissions humaines de gaz appauvrissant la couche d'ozone ont eu des répercussions évidentes sur le climat en surface dans l'Antarctique, au cours des dernières décennies.

Références

Baldwin, M.P., D.W.J. Thompson, E.F. Shuckburgh, W.A. Norton et N.P. Gillett, 2003. Weather from the stratosphere? *Science*, 301: 317–319.

Gillett, N.P., M.R. Allen et K.D. Williams, 2003. Modelling the atmospheric response to doubled CO_2 and depleted stratospheric ozone using a stratosphere-resolving coupled GCM. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 129: 947–966.

Gillett, N.P. et D.W.J. Thompson, 2003. Simulation of recent Southern Hemisphere climate change. *Science*, 302: 273–275.

Randel, W.J. et F. Wu, 1999. A stratospheric ozone trends set for global modeling studies. *Geophys. Res. Lett.*, 26: 3089–3092.

Thompson, D.W.J., et S. Solomon, 2002. Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change. *Science*, 296: 895–899.

Nathan Gillett est attaché de recherche à l'Université de Victoria, et David Thompson est professeur adjoint à l'Université de l'État du Colorado. Les intéressés peuvent joindre l'auteur-correspondant à l'adresse gillett@uvic.ca.

Récentes contributions canadiennes à la science antarctique et bipolaire

(Les noms des co-auteurs canadiens sont soulignés, sauf si tous les co-auteurs sont des Canadiens)

Abgrall, P., J.M. Terhune et H.R. Burton, 2003. Variation in Weddell sea underwater vocalizations over mesogeographic ranges. *Aquatic Mammals*, 29: 278–288.

Gilbert, R., A. Chong, R. Dunbar et E.W. Domack, 2003. Sediment trap records of glacimarine sedimentation at Muller Ice Shelf, Lallemand Fjord, Antarctic Peninsula. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, v. 35, pp. 24–33.

Hendrycks, E.A., et K.E. Conlan, 2003a. *Monoculodes curtipedi-culus (Amphipoda, Oediceratidae)*, a new species from McMurdo Sound, Antarctica. *Crustaceana*, 76(1): 49–63.

Karsten, R. H., et J. Marshall, 2002. Testing theories of the vertical stratification of the Antarctic Circumpolar Current against observations. *Dyn. Atmos. and Oceans*, 36: 233–246.

Mueller, D.R., et W.H. Pollard, 2004. Gradient analysis of cryoconite ecosystems from two polar glaciers. *Polar Biology*, 27(2): 66–74.

Poland, J.S., M.J. Riddle et B.A. Zeeb, 2003. Contaminants in the Arctic and the Antarctic: a comparison of sources, impacts, and remediation options. *Polar Record*, v. 39, no. 211, pp. 369–383.

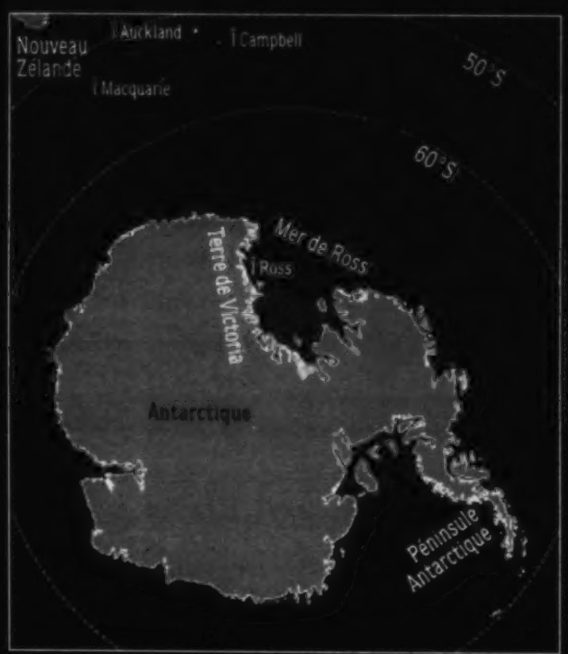
Regard sur l'expérience du visiteur dans la région de la mer de Ross, Antarctique

P.T. Maher

L'une des priorités de la gestion des visiteurs devrait être la compréhension du visiteur. Les impacts et les problèmes liés au tourisme ne résultent pas d'un vide. Le touriste est intimement impliqué; il est donc important de comprendre la dynamique des touristes et la démarche de la pensée qui évolue continuellement durant l'expérience.

La recherche décrite dans cet article est le résultat du travail de doctorat de son auteur, qui porte sur la compréhension des visiteurs et de leur expérience dans la région de la mer de Ross (Figure 1). La concentration de l'aire géographique de la recherche sur la région de la mer de Ross a contribué à étendre le champ de recherche sur le tourisme ou les visiteurs au-delà de la péninsule (Bauer, 2001). L'expérience incluait une période longitudinale de 6–8 mois où les responsables ont d'abord considéré les visiteurs bien avant leur visite, puis durant leur séjour sur les lieux, et après leur retour à leur domicile pour assurer le suivi. Les études antérieures (Arnould et Price, 1993; Borrie et Roggenbuck, 2001) documentent bien le contexte théorique et l'histoire de ce type d'expérience multiphasique ou «extraordinaire». La définition du terme «visiteur» était: une personne qui entre directement en contact avec la «glace» mais qui n'est pas membre du personnel scientifique ou du personnel de la logistique. Ce groupe incluait les touristes à vocation commerciale, les journalistes, les artistes et les écrivains, les représentants des gouvernements invités et les personnes associées à des programmes éducatifs. Les responsables estimaient que le terme *visiteur*, et non pas touriste, fournissait une meilleure explication sur ce groupe formé de personnes qui voulaient comprendre davantage la région et l'activité scientifique qui s'y déroule, ou les deux.

Figure 1
La région de la mer de Ross



On a utilisé une méthodologie à trois volets pour examiner un cycle d'expériences. Les groupes de visiteurs ont été comparés durant ce cycle et une analyse sur les changements ou la transition a été entreprise. Des visiteurs répartis selon quatre organismes ont participé, à divers degrés, à un certain nombre d'activités de collecte de données au cours des saisons 2002–2003 et/ou 2003–2004. Les méthodes comprenaient: l'envoi de formulaires d'enquête auto-administrée au domicile des répondants (jusqu'à 3 mois avant le voyage); des récits et journaux personnels rédigés pendant le voyage (peu importe la longueur: 4–28 jours); des entrevues en profondeur menées à Christchurch avant ou après le voyage lorsque cela était possible; et des enquêtes par courriel (2–3 mois après la visite). En 2003–2004, des données supplémentaires ont été recueillies sur le terrain. Les activités incluaient la familiarisation, l'observation participative et des entrevues informelles à la base Scott.

La plus grande partie des données nécessaires au projet a maintenant été recueillie, et les résultats obtenus durant la saison 2002–2003 ont été soumis à une analyse préliminaire. Les déclarations suivantes devraient donc être considérées comme exploratoires, et non pas définitives.

- Les visiteurs sont plus jeunes et entrent dans une catégorie d'emploi plus «professionnelle» que ce qui avait été établi auparavant.

- Les visiteurs sont instruits mais n'ont pas nécessairement beaucoup voyagé dans d'autres régions éloignées. Un petit nombre de ces visiteurs sont déjà allés sur la péninsule ou ont survolé le continent.
- Les visiteurs ont moins d'attaches avec des groupes d'écologistes ou de personnes vouées à la conservation que ce qu'avaient indiqué les études antérieures sur le tourisme, mais ils sont extrêmement cultivés et au courant des enjeux.
- Au début, les visiteurs ont une vision du monde assez favorable à l'environnement; mais la comparaison des cotes sur des échelles quantitatives indique qu'il n'y a guère de changements entre l'étape de l'anticipation et celle des souvenirs, malgré la pléthore de réponses qualitatives qui pourraient laisser croire autre chose.
- La sensibilisation aux questions environnementales, après le voyage, a augmenté, mais les visiteurs semblent très peu disposés à passer aux actes, dans le contexte de l'Antarctique ou dans un autre contexte, malgré le fait que la plupart des participants se disent maintenant « ambassadeur » du continent.
- Pendant toute la durée des phases, les visiteurs semblent avoir une compréhension complexe de l'effet exercé par eux-mêmes, par les autres utilisateurs ou par d'autres forces, et des aspects géopolitiques des visites.
- Les visiteurs sont beaucoup plus motivés par les paysages et les défis que ce qui a été indiqué dans les études antérieures publiées.
- Même s'ils connaissent bien le patrimoine apporté par l'exploration dans la région à « l'époque héroïque », en général les visiteurs ne considèrent pas les aspects de la présence humaine (passée ou actuelle) dans l'image qu'ils se font du continent. Ils semblent plutôt exclure délibérément les bases scientifiques qui existent de nos jours, bien qu'ils soient extrêmement déçus s'ils n'atteignent pas ces sites.
- Un dilemme intéressant ressort car les visiteurs embarqués sur un bateau désiraient vivement visiter la hutte et les stations de l'île de Ross, mais l'état des glaces a entravé ces excursions. Par contre, ceux qui avaient pris l'avion pouvaient voir les huttes et les stations, mais ils auraient beaucoup souhaité avoir accès aux installations supérieures pour l'observation de la faune dont disposaient les groupes qui voyageaient par bateau. Ils n'avaient pas été mis au courant de ce problème éventuel.
- À propos d'enjeux cruciaux pour la région comme la reconstruction ou la restauration des huttes, ou de l'utilisation de la voie terrestre qui mène au pôle Sud, les visiteurs ont des opinions éclairées et bien réfléchies, positives et négatives.

Actuellement, les données supplémentaires de la saison 2003–2004 viennent d'être ajoutées, et l'analyse finale devrait avoir lieu en mai 2004. D'après les données initiales, il semble évident que l'expérience générale est dynamique, et que les phases individuelles et leur transition le sont aussi. Bien que de nombreuses facettes de l'expérience aient été examinées dans cette recherche, seuls quelques points sont présentés dans cet article. La compréhension du visiteur pourrait influer sur les politiques, la réglementation et la gestion pour la région, et elle donne une perspective plus étendue en ce qui a trait aux visiteurs sur l'ensemble du continent.

Remerciements

La réussite de ce projet reposait sur l'intuition des visiteurs durant les deux saisons d'exploration sur le terrain et sur le soutien des organismes qui les ont amenés dans la région. En outre, les organismes suivants ont fourni une aide financière et/ou en nature : le Programme de bourses du Commonwealth, New Zealand Post, Antarctica New Zealand, McEwing's Mountain Sports, et Marpac Wilderness Equipment.

Références

Arnould, E.J., et L.L. Price. 1993. River magic: Extraordinary experience and the extended service encounter. *Journal of Consumer Research*, 20(1): 24–45.

Bauer, T.G., 2001. *Tourism in the Antarctic: opportunities, constraints, and future prospects*. New York: The Haworth Hospitality Press.

Borrie, W.T., et J.W. Roggenbuck. 2001. The dynamic, emergent, and multi-phasic nature of on-site wilderness experiences. *Journal of Leisure Research*, 33(2): 202–228.

Dingwall, P.R., 1997. Environmental management for Antarctic wilderness. *International Journal of Wilderness*, 3(3): 22–26.

Patrick Maher est originaire de Lawrencetown, N.-É. Il est titulaire d'un baccalauréat en géographie de l'Université Lakehead. Actuellement, il fait des études de doctorat à l'Université Lincoln, en Nouvelle-Zélande. Il se penche sur l'expérience des visiteurs dans la région de la mer de Ross, sous la direction de A. McIntosh et de G. Steel. Courriel : maherp@lincoln.ac.nz.

Les partenariats internationaux pour la science des carottes de glace (PISCG) : manifeste pour l'avenir de l'extraction de carottes

Atelier, Algonkian Park, Virginie
15–16 mars 2004

Cette réunion de deux jours a été très significative car la plupart des personnes qui ont utilisé une foreuse pour l'extraction de carottes de glace ou analysé des carottes des îles de l'Arctique, du Groenland et de l'Antarctique au cours des 30 dernières années y étaient. Des représentants de 11 pays ont pris part à la réunion qui a eu lieu aux É-U. La National Science Foundation (NSF) a financé la participation à cette activité.

Depuis quelques décennies, les carottes de glace ont fourni la plus grande partie de l'information sur les paléoclimats. Cette information permet d'établir des liens entre, d'un côté, les changements de température, l'accumulation et la chimie de l'atmosphère, et d'un autre côté, les changements dans les processus de forçage comme les changements dans les gaz à effet de serre et les autres répercussions anthropiques, l'activité volcanique et l'insolation.

La collectivité estime qu'il faut maintenant prendre note des réalisations puisque les principaux trous de reconnaissance évidents ont maintenant été forés. L'image préliminaire la plus importante a été saisie, et nous devons maintenant nous demander où il faudrait effectuer les forages à l'avenir, pour obtenir de l'information sur quelles variables, et pour quelles périodes. Une nouvelle phase de carottage dans la glace commence. Les participants à l'atelier estimaient qu'à l'avenir les forages devraient susciter un intérêt international plus qu'ils ne l'ont fait dans le passé, à tous les niveaux, depuis la planification et l'activité scientifique jusqu'aux financement, opérations logistiques et matériel. Ainsi, nous pourrions tirer le maximum de nos ressources.

Les participants se sont entendus sur les buts généraux suivants dont bon nombre sont devenus les éléments essentiels d'une proposition prévoyant des forages pour une période de dix ans, qui a été soumise dans le cadre de l'Année polaire internationale.

1. Trouver la plus vieille glace

Utiliser des radarsondages et des cartes des accumulations améliorées pour trouver la plus vieille glace de l'Antarctique (~1,5 Ma) et en prélever un échantillon. Actuellement, la plus vieille carotte (en provenance du Dôme C) date d'environ 800 milliers d'années et inclut à peu près 8 cycles glaciaires. L'objectif consiste à prélever un échantillon de la plus vieille glace qui existe sur la Terre et à repérer les changements dans l'histoire du CO_2, notamment le changement dans l'amplitude des périodes glaciaires.

Au Groenland, la carotte NGRIP n'a pas apporté d'indice éémien, et on cherche encore à savoir s'il y a eu des changements de climat soudains durant l'interglaciaire éémien. La question des changements soudains dans un interglaciaire présente un net intérêt pour la société moderne; il importe donc d'obtenir un indice éémien. Les Danois ont trouvé un site qui, d'après les spécialistes, devrait renfermer des strates de l'Éémien, et ils comptent y effectuer des forages avec une équipe internationale.

2. Viser des réseaux de carottes

Dans les régions polaires, obtenir des îles de l'Arctique, au Canada, du Svalbard et de la Russie des indices de carottes qui peuvent être datés, afin d'établir l'histoire des paléoclimats avec une couverture géographique suffisante pour qu'ils s'intègrent aux autres réseaux relatifs aux paléoclimats (cernes de croissance des arbres, sédiments des lacs, etc.). Les indices des carottes de glace ne sont pas affectés par le problème des lacunes qui se pose quand les indices sont basés sur les don-

nées provenant d'organismes vivants. Les carottes de glace enregistrent toutes les fréquences, et pas seulement les plus élevées.

Les nouvelles méthodes d'analyse, et même les nouvelles variables pour les substances naturelles et anthropiques, signifient qu'il faudra peut-être revisiter certains des anciens sites et y effectuer des forages. Les cartes régionales qui indiquent les variations dans les polluants au fil des ans permettent de trouver les sources de pollution et d'indiquer les résultats des tentatives de réduction de la pollution (p. ex., le plomb et les acides dans l'Arctique).

Il a été proposé d'effectuer dans l'Antarctique des forages dans un réseau qui couvrirait une bien plus grande partie de l'intérieur. L'International Trans-Antarctic Scientific Expedition (ITASE), qui pendant plusieurs années a recueilli des carottes de ~100 m qui sont analysées pour la détermination de leurs isotopes et de leur composition chimique, doit poursuivre son travail pendant de nombreuses années pour que le degré de couverture de base nécessaire puisse être atteint.

Pour l'Antarctique, on a proposé d'effectuer des forages dans le substrat rocheux de manière à former un réseau sur les côtes, pour apporter des éclaircissements sur l'histoire des périodes glaciaires et de déglaciation des parties extérieures de l'Antarctique. En général, les carottes extraites dans l'intérieur se ressemblent toutes parce qu'elles proviennent de la zone d'accumulation isolée massive du continent. Les parties variables de l'Antarctique sont les régions côtières de l'extérieur, et c'est là qu'on doit chercher les changements dans le bilan massique et le volume. Parallèlement, certaines des îles qui entourent l'Antarctique sont recouvertes par une calotte de glace, et elles présentent de très bons sites où la glace permettrait d'obtenir des indices plus sensibles sur l'histoire du climat. La calotte glaciaire de l'île James Ross est particulièrement intéressante, car elle est proche de la plate-forme de glace Larsen qui s'est disloquée dernièrement.

3. L'histoire des masses de glace non polaires

C'est là une question dont il faut s'occuper au plus tôt parce qu'à de nombreux endroits le réchauffement du climat menace de faire fondre ces « archives » stratigraphiques de glace. Comme les spécialistes pensent maintenant que les climats polaires résultent dans une grande mesure des événements qui se produisent dans les tropiques, les indices provenant des carottes de glace non polaire pourraient fournir des renseignements historiques sur les déclencheurs des changements aux faibles latitudes. Les indices provenant de sites très élevés comme le mont Logan (5 400 m au-dessus du niveau de la mer), dans les latitudes moyennes, peuvent aussi indiquer ce qui se passe dans les tropiques. D'autres sites anciens très élevés, en Europe, sont particulièrement utiles en tant qu'indices de l'ingérence humaine dans la chimie du climat et de l'atmosphère.

Trois Canadiens ont participé à l'atelier : moi-même, Erik Blake et Mike Gerasimoff. Mike, qui était auparavant à la Commission géologique du Canada, travaille maintenant au programme des É.-U. avec le groupe de l'ingénierie des forages en profondeur de Bruce Kocci. Erik Blake construit une copie populaire de la foreuse de la CGC pour l'extraction des carottes de glace (en vertu d'un ancien accord de licence) qui, elle, est une copie de la foreuse à tour basculante danoise originale. J'ai parlé au nom du petit groupe de spécialistes des carottes de glace du Canada. J'ai fait part de nos projets de partenariats avec les universités canadiennes (surtout à Martin Sharp et Shawn Marshall) pour effectuer un forage sur la calotte de glace Prince of Wales, dans le cadre de ce qui deviendrait une partie du réseau de carottes de glace de l'Arctique.

Des organismes de financement européens et américains ont participé à l'atelier (quatre de la NSF [dont Karl Erb] et deux de l'ESF). Ils estimaient donc que l'atelier était très significatif. Il y aura des défis importants à relever pour ceux qui s'intéressent à l'extraction de carottes de glace et aux analyses.

Pour plus de précisions, communiquer avec : M. David Fisher, RNCAN, courriel : david.fisher@nrcan.gc.ca.

M. Fisher est glaciologue à la Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada, à Ottawa, Ontario.

La chasse aux dinosaures en Antarctique

Philip John Currie

L'Alberta est connue depuis longtemps pour l'abondance de ses ressources en matière de dinosaures, et depuis la création du Royal Tyrrell Museum of Palæontology, à Drumheller, des institutions des quatre coins du monde font souvent appel au savoir-faire du Canada en rapport avec sa collection de dinosaures et la recherche dans ce domaine. Dans le cadre du projet Canada-Chine sur l'étude des dinosaures, par exemple, nous avons travaillé au Canada et en Chine de 1986 à 1991. Deux des nombreuses expéditions conjointes ont été menées dans les îles de l'Arctique où nous avons récupéré les restes de dinosaures datant de 75 millions d'années, semblables à ceux qui ont été trouvés en Alberta et dans certaines parties de la Chine.

L'année dernière, on m'a demandé de participer à une expédition en Antarctique pour recueillir le reste du seul squelette connu d'un rare dinosaure à crête carnivore appelé *cryolophosaurus ellioti*. Le squelette, qui avait été trouvé en 1990, était dans une région élevée sur les flancs du mont Kirkpatrick, à moins de 600 kilomètres du pôle Sud. Kevin Kruger, qui a travaillé pendant plusieurs années dans les laboratoires du musée Tyrrell, s'est lui aussi joint à l'équipe de six hommes dirigée par M. William Hammer (directeur du Fryxell Museum of Geology, Rock Island, Illinois). Le projet est financé par la National Science Foundation, Washington, DC.

À la fin de novembre (2003), nous nous sommes rendus en avion à un camp situé près du tristement célèbre glacier Beardmore, à un point élevé des montagnes transantarctiques. Cinq autres équipes de géologues et de paléontologues étaient établies à cet endroit, mais leurs projets n'avaient rien à voir avec les dinosaures. J'ai été surpris (mais je n'aurais pas dû l'être) de voir la quantité de vêtements et de matériel d'expédition fabriquée au Canada. Nous pouvions voir le sommet du mont Kirkpatrick à partir de nos tentes montées sur le glacier, mais il fallait faire un trajet de près de 40 kilomètres en hélicoptère pour atteindre la carrière où s'effectuait la recherche de dinosaures. Les vents violents et les sommets ennuagés ont souvent rendu ce voyage impossible. Les jours où nous étions sur la montagne, nous avions l'une des vues les plus spectaculaires qu'on puisse imaginer.

Même si le soleil ne se couche jamais en novembre et décembre, la température était toujours bien au-dessous du point de congélation, un climat beaucoup trop froid pour mélanger du plâtre et de l'eau dans le but de protéger le spécimen. Heureusement, le dinosaure recherché est dans une roche extrêmement dure. On a utilisé de la dynamite pour enlever la partie de recouvrement. Puis, on a utilisé des marteaux perforateurs actionnés au gaz et des scies à roche pour découper en blocs les os enterrés dans la roche. Ces blocs ont été amenés au camp par hélicoptère et transportés par avion Hercules jusqu'à la station McMurdo. Au moment de la rédaction de cet article, ils étaient embarqués sur un navire à destination de l'Amérique du Nord où doit être effectué le travail de préparation.

Au cours de la collecte des restes du *cryolophosaurus*, nous avons trouvé le squelette partiel d'un dinosaure phytophage à une courte distance du site. Nous avons recueilli aussi ce spécimen, mais nous ne pourrons pas l'identifier avec certitude avant que le travail de préparation soit effectué. Les dinosaures de 200 millions d'années sont relativement rares, surtout dans cette partie du monde, et ils permettent presque toujours de trouver des espèces inconnues auparavant.

Pour plus de détails sur cette expédition et les autres activités du musée Tyrrell, consulter le site tyrrellmuseum.com.

M. Currie est le conservateur pour les dinosaures au Royal Tyrrell Museum of Palæontology, à Drumheller, en Alberta. Courriel : philip.currie@gov.ab.ca.

Les nouvelles en bref

Pendant sept semaines (décembre 2003 – février 2004) le drapeau canadien a flotté à côté du tricolore bulgare, en Antarctique. **M^me^ Marianne Douglas (Canada) et M. Christo Pimpirev (Bulgarie)** ont participé au Programme d'échanges Arctique-Antarctique parrainé par l'Étude du plateau continental polaire du Canada. Ce programme d'échanges a été mis sur pied il y a plusieurs années pour promouvoir la recherche canadienne dans l'Antarctique. Les chercheurs canadiens accueillent dans l'Arctique un chercheur de l'Antarctique et en échange ils sont accueillis par un collègue à une base de l'Antarctique. M. Pimpirev, directeur exécutif de l'Institut antarctique de la Bulgarie et professeur à la faculté de géologie et de géographie à l'Université de Sofia, a passé la saison au chaud au lac Hazen, sur l'île d'Ellesmere, durant l'été nordique 2003. Il faisait des études sédimentologiques dans le bassin Hazen. M^me^ Marianne Douglas, professeure adjointe au département de géologie à l'Université de Toronto, **a passé sept semaines à la base antarctique bulgare,** sur l'île Livingston, îles Shetland du Sud (au nord-ouest de la péninsule antarctique). Elle faisait des études limnologiques et paléolimnologiques pour caractériser le degré de changements environnementaux récents.■

« **Microbial Ecosystems of Antarctica** », l'ouvrage fondamental du **p^r^ Warwick Vincent** de l'Université Laval publié en 1988, a été réimprimé et diffusé sous forme de livre à couverture souple (mars 2004) par les presses de l'Université Cambridge.■

« **Under the Ice** », **un livre pour enfants de Kathy Conlan** a été très bien accueilli et a été proposé plusieurs fois pour l'obtention d'un prix. L'ouvrage en est à sa deuxième impression, et il est aussi disponible en français.■

MM. Siciliano et Si, du département de la science des sols **de l'Université de la Saskatchewan, ont obtenu une subvention de trois ans** du Programme d'occasions spéciales de recherche du CRSNG pour collaborer avec MM. Riddle et Snape de la division antarctique du gouvernement de l'Australie. La subvention de 74 000 $ accordée par le CRSNG permettra à un étudiant diplômé en toxicologie de mettre au point des tests sur la toxicité des sols qui conviennent aux sols de l'Antarctique. L'équipe chargée de la recherche suppose que le régime hydrologique des sols de ces régions froides et la façon dont il réagit à la contamination par le pétrole seront les facteurs cruciaux qui **détermineront l'impact global d'un déversement d'hydrocarbures pétroliers dans les régions froides.** Au cours de la période de trois ans, les scientifiques canadiens travailleront avec des scientifiques australiens à la station Casey, en Antarctique, et passeront du temps en Australie avec d'autres toxicologues à faire des enquêtes sur l'écotoxicité en Antarctique. Lorsque ce projet sera terminé, des nouveaux tests sur la toxicité des sols qui conviennent à l'assainissement des terrains contaminés par le pétrole en Antarctique auront été mis au point.■

Un atelier de travail portant sur le projet intitulé « **Enhanced ultraviolet-B radiation in natural ecosystems as an added perturbation due to ozone depletion** » s'est tenu à Buenos Aires du 31 mars au 2 avril 2004. Quarante-deux participants de huit pays des deux Amériques ont discuté des résultats du projet. Le projet, financé par l'Inter-American Institute for Global change, visait à étudier des latitudes polaires aux latitudes australes, l'effet des radiations UV sur différents écosystèmes. La participation des chercheurs canadiens, **Serge Demers, Michel Gosselin, Émilien Pelletier et Suzanne Roy de l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR)** a été rendue possible grâce à une subvention du programme Opportunité de recherche concertée du CRSNG. Durant cette réunion, l'équipe responsable de l'étude de l'impact des radiations UV sur l'écosystème marin et dirigée par Serge Demers, directeur de l'ISMER, a présenté les résultats de leurs travaux dont une partie a été réalisée en Antarctique. Par ailleurs, le groupe a exprimé le désir de donner une suite à ce programme de recherche. Déjà une demande de financement intitulée « **Impact of simultaneous temperature increase and solar UVB radiation on biologically mediated atmosphere-ocean CO_2 fluxes in the Argentine Continental Shelf and the Antarctic Ocean** » et qui inclut des chercheurs de l'Institut des sciences de la mer de Rimouski a été soumise à la Fondation Antorchas. Si le projet est financé, le travail de terrain devrait débuter à l'été 2005. Un compte rendu de l'atelier de travail devrait être publié en 2005 dans un numéro spécial d'une revue scientifique qui reste à déterminer.■

Le p^r^ Robert Gilbert, de l'Université Queen's, a fait partie de l'équipe dirigée par le p^r^ Eugene Domack, du Hamilton

College, NY, qui a découvert dernièrement un volcan sous-marin dans le détroit antarctique, au large de la péninsule antarctique (voir le communiqué de la NSF, 20 mai 2004, sur le site nsf.gov). En mai 2004, l'équipe embarquée sur le navire de recherche américain « Laurence M. Gold » a entrepris une nouvelle croisière pour l'étude du fond océanique qui dernièrement est devenu accessible par navire de surface, suite à la dislocation de la plate-forme de glace Larsen B. Toutefois, l'état des glaces a empêché l'équipe d'atteindre le site où elle comptait mener l'étude. Les membres de l'équipe ont alors étudié une caractéristique du fond océanique semblable à un volcan, qu'ils avaient déjà vue. Le p' Gilbert, qui fait partie d'une équipe internationale, travaille dans la zone de la péninsule depuis plusieurs années.■

Dernièrement, **le D' Christian Otto, un urgentologue de Kingston, en Ontario,** a été désigné dans le cadre du programme antarctique des É.-U. pour travailler comme médecin au pôle Sud durant l'été et l'hiver 2004–2005. Cette affectation sera le deuxième engagement du D' Otto dans le cadre du programme antarctique des É.-U. car il a déjà exercé ses fonctions de médecin pendant un an à la station McMurdo durant les saisons 2002–2003. Le D' Otto est membre associé Groupe de travail du CSRA sur la biologie et la médecine des humains et professeur à l'Université du Texas où il termine sa maîtrise en science. **Sa recherche porte sur la médecine dans les endroits éloignés et la télémédecine.** Il a obtenu son diplôme en médecine à l'Université d'Ottawa.■

M. Thomas James, Commission géologique du Canada, Ressources naturelles Canada, à Sidney, C.-B., est le principal rédacteur les autres sont T.H. Jacka (Australie), A. Morelli (Italie) et R. Dietrich (Allemagne) de « **Ice Sheets and Neotectonics** », **un numéro spécial du journal *Global and Planetary Change***. M. James est aussi co-auteur de l'une des 21 publications approuvées par des collègues sur le sujet. Ses auteurs espèrent qu'elle sera imprimée et prête pour distribution aux réunions du CSRA à **Bremen, en juillet 2004**. Deux des articles traitent des phénomènes propres à l'hémisphère Nord, et les autres concernent l'Antarctique. Cette publication spéciale apporte une importante contribution à notre compréhension du bilan massique de l'inlandsis de l'Antarctique et des interactions entre les nappes glaciaires et la Terre solide.■

Membres et conseillers du CCAR/CCRA

Wayne Pollard (président)
Département de géographie
Université McGill
805, rue Sherbrooke
Montréal, QC H3A 2K6
Tél. (514) 398-4454
Téléc. (514) 398-7437
pollard@felix.geog.mcgill.ca

Warwick Vincent (ancien président)
Département de biologie
Université Laval

Erik Blake
Icefield Instruments Inc.
3C Glacier Rd.
Whitehorse, Yukon Y1A 5H4
tél. : (867) 633-4264
téléc. : (867) 633-4217
erik@icefield.yk.ca

Kathy Conlan
Musée canadien de la nature
CP 3443, succursale D
Ottawa, ON K1P 6P4
Tél. (613) 364-4063
Téléc. (613) 364-4027
kconlan@mus-nature.ca

Serge Demers, Directeur
Institut des sciences de la mer de Rimouski
310 allée des Ursulines
Rimouski, PQ G5L 3A1
Tél. : (418) 724-1650
Téléc. : (418) 724-1842
serge_demers@uqar.qc.ca

Marianne Douglas
Department of Geology
University of Toronto
22 Russell Street
Toronto, ON M5S 3B1
Tél. : (416) 978-3022
Téléc. : (416) 978-3938
msvd@geology.utoronto.ca

Kevin Hall
Programme de géographie
University of Northern B.C.
3333 University Way
Prince George, C-B V2N 4Z9
Tél. (250) 960-5864
Téléc. (250) 960-5539
hall@unbc.ca

Fred Roots
Environnement Canada
351, boul. St. Joseph, rez-de-chaussée
Ottawa, ON K1A 0H3
Tél. (819) 997-2393
Téléc. (819) 997-5813
fred.roots@ec.gc.ca

Peter Suedfeld
University of British Columbia
2136 West Mall
Vancouver, BC V6T 1Z4
Tél. (604) 822-5713
Téléc. (604) 822-6923
psuedfeld@cortex.psych.ubc.ca

Olav Loken (secrétaire)
1170 Bonnie Crescent
Ottawa, ON K2C 1Z5
Tél. et téléc. (613) 225-4234
oloken@sympatico.ca

Bulletin du Réseau canadien de recherches antarctiques

Tous droits réservés © Commission canadienne des affaires polaires/Réseau canadienne de recherches antarctiques

Les textes pour ce numéro ont été compilés par le secrétaire du Comité canadien de la recherche antarctique.

Lettres à la rédaction :
Chef de la rédaction, Bulletin du CCRA
Commission canadienne sur les affaires polaires
Suite 1710, 360, rue Albert
Ottawa, ON K1R 7X7
Tél. (613) 943-8605
Téléc. (613) 943-8607
mail@polarcom.gc.ca
www.polarrom.gc.ca/ccarhome.htm

CANADIAN POLAR COMMISSION
COMMISSION CANADIENNE DES AFFAIRES POLAIRES